

Índex Memòria

Vistiplau de presentació i defensa del treball	5
Resum	6
Resumen	7
Abstract.....	8
CAPÍTOL 1: CARACTERÍSTIQUES GENERALS DEL PROJECTE	9
1.1. Descripció de l'activitat.....	9
1.1.1. Codi CNAE	9
1.2. Emplaçament i característiques.....	9
1.3. Objecte i abast	11
1.4. Normativa i legislació aplicable	13
1.5. Instal·lació elèctrica	13
1.6. Protecció contra incendis	13
1.7. Il·luminació.....	14
1.8. Plaques solars tèrmiques	14
1.9. Simbologia.....	15
CAPÍTOL 2: INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA	17
2.1. Instal·lacions elèctriques que precisen projecte	17
2.2. Relació de càrregues	17
2.3. Escomesa	19
2.4. Instal·lació d'enllaç.....	20
2.4.1. Caixa de protecció i mesura	21
2.4.2. Dispositiu generals de comandament i protecció de la instal·lació d'enllaç	21
2.5. Instal·lacions interiors o receptores	22
2.6. Mètodes de càlculs justificatius.....	23
2.6.1. Potència de càlcul.....	23
2.6.2. Dimensionat dels conductors	24
2.6.3. Dimensionat de les proteccions	25
2.7. Distribució de les línies interiors.....	27
2.8. Posada a terra	27
2.9. Compensació de reactiva i filtratge d'harmònics	29

2.10.	Resum de la instal·lació elèctrica	30
CAPÍTOL 3: CENTRE DE TRANSFORMACIÓ		35
3.1.	NTP-CT.....	35
3.2.	NTP-IEMT	38
3.2.1.	Proteccions de la línia de mitja tensió.....	39
3.3.	Centre de transformació escollit	40
3.3.1.	Posades a terra	40
CAPÍTOL 4: INSTAL·LACIÓ D'IL·LUMINACIÓ		43
4.1.	Justificació de la tecnologia escollida	43
4.2.	Normativa aplicable	43
4.3.	Qualitat de la il·luminació	43
4.4.	Mètode de càlculs justificatius	47
4.5.	Receptors escollits	50
CAPÍTOL 5: INSTAL·LACIÓ DE PROTECCIÓ CONTRA INCENDIS		55
5.1.	Normativa aplicable	55
5.2.	RSCIEI	56
5.2.1.	Caracterització de l'establiment.....	56
5.2.2.	Requisits de les instal·lacions de protecció contra incendis	58
5.3.	CTE – SI.....	61
5.3.1.	Caracterització de les zones d'incendi	61
5.3.2.	Evacuació d'ocupants	61
5.3.3.	Sistemes de detecció, control i extinció d'incendi.	62
5.4.	Instal·lacions de protecció contra incendis	63
5.5.	Instal·lació d'il·luminació d'emergència	63
CAPÍTOL 6: PLAQUES TERMOSOLARS.....		69
6.1.	Contribució solar mínima.....	69
6.2.	Dimensionat de la instal·lació	69
6.3.	Descripció de la instal·lació.....	70
6.3.1.	Circuit Primari.....	71
6.3.2.	Circuit de Consum.....	72
CAPÍTOL 7: CONCLUSIONS.....		75
Bibliografia de consulta		76

Instal·lació elèctrica	76
Instal·lació de protecció contra incendis	76
Instal·lació d'il·luminació	77
Agraïments.....	79

Vistiplau de presentació i defensa del treball

Resum

En aquest projecte es dissenyaran les principals instal·lacions d'una nau industrial propietat de Grifería TRES, situada a Vallirana i destinada a taller mecànic, oficines i pàrquing.

Es donarà una especial importància a les instal·lacions elèctriques, dissenyades per a alimentació en alta tensió i centre de transformació propi, cosa que li aportarà al treball un tret distintiu i un major grau d'interès a nivell d'aprenentatge. També es calcularan molt acuradament les il·luminacions de cadascuna de les sales de la nau industrial, amb il·luminació LED íntegrament, tecnologia que optimitza el consum d'energia elèctrica i que per tant, és molt més respectuosa amb el medi ambient.

També es calcularan les instal·lacions necessàries per a la protecció contra incendis amb la il·luminació d'emergència, també de tecnologia LED, i les plaques solars tèrmiques per a aigua calenta sanitària, ja que formen part de l'abastiment d'energia de l'edifici i són obligatòries segons el codi tècnic d'edificació.

Finalment, també es dissenyaran amb un bon grau de detall l'estat d'amidaments i pressupostos i una fulla de càlcul de MS Excel per a la instal·lació elèctrica en baixa tensió.

Resumen

En este proyecto se diseñarán las principales instalaciones de una nave industrial propiedad de Grifería TRES, ubicada en Vallirana y destinada a taller mecánico, oficinas y garaje.

Se dará una especial importancia a las instalaciones eléctricas, diseñadas para alimentación en alta tensión y centro de transformación propio, lo que le aportará al trabajo un rasgo distintivo y un mayor grado de interés a nivel de aprendizaje. También se calcularán muy cuidadosamente las iluminaciones de cada una de las salas de la nave industrial, con iluminación LED íntegramente, tecnología que optimiza el consumo de energía eléctrica y que por tanto, es mucho más respetuosa con el medio ambiente.

También se calcularán las instalaciones necesarias para la protección contra incendios con la iluminación de emergencia, también de tecnología LED, y las placas solares térmicas para agua caliente sanitaria, ya que forman parte del abastecimiento de energía del edificio y son obligatorias según el código técnico de edificación.

Finalmente también se diseñará con un buen grado de detalle el estado de mediciones y presupuestos y una hoja de cálculo de MS Excel para la instalación eléctrica en baja tensión.

Abstract

This project will design the main facilities of an industrial unit property owned by Grifería TRES, located in Vallirana and destined to be a garage, offices and a parking.

An special importance will be given to the electrical installation, designed for high voltage supply and with an owned transformation center, which will provide a distinctive characteristic to the project and a greater level of interest in learning. The illumination will also be calculated very carefully for each of the rooms of the building with full LED lighting, technology which optimizes power consumption and therefore it's more respectful with the environment.

Finally, the necessary facilities for fire protection with emergency lighting, also with LED technology, and solar thermal panels for sanitary hot water, as part of the energy supply of the building that are mandatory according to the CTE, will be dimensioned as well.

Finally, the state of measurements and budgets and an MS Excel spreadsheet for the low voltage electrical installation will also be designed with a good degree of detail.

CAPÍTOL 1: CARACTERÍSTIQUES GENERALS DEL PROJECTE

1.1. Descripció de l'activitat

Grifería TRES és una indústria del sector metal·lúrgic que es dedica a la producció de tot tipus d'aixetes i dutxes. Situada a Vallirana, realitza íntegrament tots els processos de disseny, industrial, de manteniment i control de qualitat en el mateix polígon industrial situat als afores de la ciutat de Vallirana. Així, l'empresa es conforma de diferents naus, una per a cada procés de la producció: fosa, polit, mecanització, muntatge, tractaments químics i control de qualitat.

A més, la indústria disposa d'una nau destinada al taller mecànic, aparcament i a sobre, les oficines administratives de l'empresa. Aquesta secció és l'encarregada de preparar els motlles per a la fosa del llautó de què estan formades les aixetes i de realitzar les tasques de manteniment de qualsevol problema de tipus elèctric, mecànic, pneumàtic i / o hidràulic que pugui sorgir a qualsevol de les naus del complex industrial.

Aquesta és precisament, la nau que conforma l'objecte d'aquest projecte.

1.1.1. Codi CNAE

Segons la Classificació Catalana d'Activitats Econòmiques 2009 (CCAIE), adaptació de la CNAE-2009, el codi que correspon a l'activitat de l'empresa Grifería TRES és el següent:

C2814: Indústries manufactureres: Fabricació de maquinària i equips ncaa, fabricació de vàlvules i aixetes, on les sigles ncaa signifiquen: no classificat en altres apartats.

1.2. Emplaçament i característiques

L'empresa Grifería TRES, es troba a la següent adreça:

Carrer Penedès 16-26, 08759 Vallirana.

Concretament, la nau objecte d'aquest projecte correspon al número 26 del carrer Penedès i la seva referència cadastral és la següent:

8510508DF0881S0001IZ

I les coordenades UTM:

41º 22' 25.79" N; 1º 54' 10.86" E

Com s'ha descrit a l'apartat anterior, la nau objecte d'aquest projecte disposa d'una planta baixa, on es troben el taller mecànic, el pàrquing i la oficina tècnica i una planta primera, amb el resto d'oficines dedicades més aviat al disseny i l'administració de l'empresa. En les següents taules 1.1 i 1.2, s'enumeren les diferents sales que es troben a aquesta nau amb la superfície útil construïda:

Taula 1.1 – Zones planta baixa.

Descripció	Percentatge [%]	Superfície útil [m ²]
Escales d'emergència	0,6	14,6
Escales d'entrada	0,6	18,3
Laboratori	2,3	66,9
Lavabo menjador	0,0	1,4
Lavabos taller	0,2	6,8
Magatzem	3,5	100,9
Menjador	3,5	101,8
Oficina tècnica	4,5	130,3
Pàrquing	43,2	1242,9
Taller	32,3	931,0
Traster	4,8	137,1
Vestíbuls taller	0,2	6,4
Vestidor	4,1	117,8
Total planta baixa	100 %	2879,9 m²

Taula 1.2 – Zones planta 1.

Descripció	Percentatge [%]	Superfície útil [m ²]
Administració	6,4	62,8
Arxiu	0,7	7,2
Arxiu RR.HH	2,9	28,7
Cap de compres	1,5	14,6
Cap de vendes nacionals	1,2	11,8
Cap d'exportació	1,5	15,0
Consell d'administració 1	1,7	16,3
Consell d'administració 2	1,7	16,3
Consell d'administració 3	1,5	14,7
Departament comercial nacional	1,5	15,0
Departament de compres	3,1	30,4
Departament de producció	2,3	23,1
Departament de vendes	1,2	11,8
Departament d'informàtica	1,4	14,0
Direcció general	3,4	33,8
Disseny i màrqueting	2,3	23,0
Distribuïdors	17,7	173,7
Escales d'entrada	1,9	18,3
Escales d'emergència	1,5	14,6
Exportació i vendes nacionals	8,8	86,9
Lavabo 1	0,4	3,6
Lavabo 2	0,8	8,3
Lavabo 3	1,0	10,1
Lavabo visites	0,3	3,0
Màrqueting	4,5	44,6

Material d'oficina	0,9	8,6
Menjador	2,9	28,7
Recepció	4,3	42,1
Recursos humans	3,3	32,3
Sala de neteja	0,9	9,0
Sala de ploters	2,8	27,3
Sala de Reunions 1	4,7	46,5
Sala de reunions 2	0,8	7,8
Sala de visites 1	0,7	6,6
Sala de visites 2	1,2	11,6
Sala de Visites 3	0,8	8,2
Servidor	1,9	19,0
Traster	0,2	2,3
Vestíbul	3,2	31,9
Total planta 1	100 %	983,5 m²

1.3. Objecte i abast

L'objecte d'aquest projecte, un projecte dut a terme per un estudiant d'enginyeria elèctrica, resideix bàsicament en el projecte d'electrificació de l'esmentada nau industrial, tal i com es defineix en el títol del projecte. Tot i així, també s'ha considerat adient calcular les instal·lacions de protecció contra incendis, per també poder determinar la il·luminació d'emergència, i la instal·lació de plaques solars tèrmiques, ja que a part de disposar de dos elements elèctrics principals com són la bomba de circulació i la caldera d'aigua calenta sanitària, formen part de l'abastiment d'energia de la nau:

- Instal·lació de protecció contra incendis.
- Instal·lació d'il·luminació.
- Instal·lació elèctrica en baixa tensió.
- Centre de transformació.
- Instal·lació de plaques solars tèrmiques.

L'abast del projecte també dona especial èmfasi a la part elèctrica del mateix, de manera que s'intentarà calcular fins al màxim detall la instal·lació elèctrica en baixa tensió, incloent la instal·lació d'il·luminació, i amb també força detall tot i que per qüestions de coneixements adquirits durant el grau no serà tant elevat, la instal·lació elèctrica en alta tensió.

Les instal·lacions de protecció contra incendis també es calcularan amb tot el detall possible però en aquest apartat, s'ha decidit excloure les qüestions referents a elements estructurals.

Pel que fa a la instal·lació de plaques solars tèrmiques, es determinarà l'aportació solar mínima que s'haurà d'aconseguir per complir amb el CTE i amb aquesta, el nombre mínim de plaques solars a instal·lar.

1.4. Normativa i legislació aplicable

1.5. Instal·lació elèctrica

- Real decret 842/2002, de 2 d'Agost: Reglament electrotècnic per Baixa Tensió (REBT), Concretament les instruccions tècniques complementàries següents:
 - ITC-BT-01: Terminologia.
 - ITC-BT-04: Documentació i posada en servei de les instal·lacions.
 - ITC-BT-07: Xarxes subterrànies per a distribució en baixa tensió
 - ITC-BT-08: Sistema de connexió del neutre i de les masses en xarxes de distribució d'energia elèctrica.
 - ITC-BT-07: Xarxes de distribució d'energia elèctrica. Escomeses.
 - ITC-BT-12: Instal·lacions d'enllaç. Esquemes.
 - ITC-BT-13: Instal·lacions d'enllaç. Caixes generals de protecció.
 - ITC-BT-15: Instal·lacions d'enllaç. Derivacions individuals.
 - ITC-BT-18: Instal·lació de posada a terra.
 - ITC-BT-19: Instal·lacions interiors o receptores. Prescripcions generals.
 - ITC-BT-20: Instal·lacions interiors o receptores. Sistemes d'instal·lació.
 - ITC-BT-21: Instal·lacions interiors o receptores. Tubs i canals protectors.
 - ITC-BT-22: Instal·lacions interiors o receptores. Protecció contra sobreintensitats.
 - ITC-BT-23: Instal·lacions interiors o receptores. Protecció contra sobretensions.
 - ITC-BT-24: Instal·lacions interiors o receptores. Protecció contra contactes directes i indirectes.
 - ITC-BT-43: Instal·lacions de receptors. Prescripcions generals.
 - ITC-BT-44: Instal·lacions de receptors. Receptors per a enllumenat.
 - ITC-BT-45: Instal·lacions de receptors. Aparells escalfadors.
 - ITC-BT-47: Instal·lacions de receptors. Motors.
- Guia Vademècum per a instal·lacions de baixa tensió. Fecsa-Endesa.
- Normes tècniques particulars d'Endesa a Catalunya. Concretament:
 - NTP-CT: Centres de transformació en edifici.
 - NTP-IEMT: Instal·lacions d'enllaç en baixa tensió.
- UNE 20-460, Intensitat màxima admissible dels cables elèctrics.
- UNE60617, simbologia elèctrica.

1.6. Protecció contra incendis

- Real decret 2267/2004, de 3 de desembre: Reglament de seguretat contra incendis als establiments industrials (RSCIEI).
- Llei 21/1992, de 16 de juliol, d'indústria.
- Real decret 1942/1993, de 5 de novembre: Reglament d'instal·lacions de protecció contra incendis (RIPCI).

- CTE, DB SI: Seguretat en cas d'incendi.
- UNE23007-14. Sistemes de detecció i alarma d'incendis.
- UNE 23032-83. Simbologia d'instal·lacions de protecció contra incendis.

1.7. Il·luminació

- CTE, DB SU 4: Seguretat contra el risc causat per il·luminació inadequada.
- CTE, DB HE 3: Eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació.
- CTE, DB SI 3: Evacuació d'ocupants.
- Norma Europea EN 12464-1: Norma europea sobre la il·luminació per a interiors.

1.8. Plaques solars tèrmiques

- CTE, DB HE 4: Contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària.
- Real decret 1027/2007, de 20 de juliol: Reglament d'instal·lacions tèrmiques en edificis (RITE).

1.9. Simbologia

A continuació es mostra la simbologia utilitzada per a aquest projecte, recollida en dos grups: instal·lació elèctrica i il·luminació i instal·lació de protecció contra incendis.

La simbologia elèctrica s'ha extret en la mesura que ha sigut possible de la norma UNE 60617:

Llegenda instal·lació elèctrica	
	Lluminària Phillips DN570 B (downlight) de xx,x W
	Lluminària Phillips BY47UP (focus) de 158 W
	Lluminària Phillips BPS680 W17L122 (pantalla) de 46 W
	Lluminària Phillips DN570 B (tub) de 37,5 W
	Interruptor
	Interruptor commutat
	Interruptor amb detecció de moviment
	Presa de corrent monofàsica
	Safata de cables
	Quadre de comandament i protecció
	Quadro elèctric 2 preses de corrent trifàsiques i 2 monofàsiques
	Pica de Ø14 mm de la PaT

Figura 1.1 – Simbologia utilitzada per a les instal·lacions elèctrica i d'il·luminació.

La simbologia de la instal·lació de protecció contra incendis s'ha extret en la mesura que ha sigut possible de la norma UNE 23032-83:

Llegenda instal·lació de protecció contra incendis	
	Extintor de pols seca ABC
	Extintor de CO ₂ (especial foc classe E)
	Extintor especial per focs de classe D
	Pulsador d'alarma
	Boca d'incendis equipada
	Detector de tecnologies tèrmica i òptica
	Hidrant exterior
	Circuit d'evacuació
	Il·luminació d'emergència

Figura 2.1 – Simbologia utilitzada per a la instal·lació de protecció contra incendis.

CAPÍTOL 2: INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA

En aquest capítol, el més important del projecte, es determinarà tota la instal·lació elèctrica, encarregada d'alimentar totes les càrregues de la nau. Així, s'hauran de calcular tots els cables conductors i proteccions necessàries, entre altres, regint-se pel Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, d'ara endavant REBT, aprovat pel real decret 842/2002, de 2 d'agost. A més a més, l'empresa subministradora en aquesta zona és ENDESA de manera que també s'haurà de complir la seva normativa, recollida a la guia vademècum per a instal·lacions d'enllaç en baixa tensió. Tot i que aquesta instal·lació depèn de les que segueixen a aquest projecte, s'ha decidit posar-la al principi d'aquest donada la seva destacada rellevància.

2.1. Instal·lacions elèctriques que precisen projecte

A la ITC-BT 04, s'especifiquen les noves instal·lacions que per a la seva execució, precisen d'elaboració de projecte. En aquest cas, es precisa projecte per ser una instal·lació del grup a i tenir una potència instal·lada superior a 20 kW, segons es justifica a l'apartat següent.

2.2. Relació de càrregues

El primer consisteix a determinar totes les càrregues de la nau industrial objecte d'aquest projecte i per tal efecte, cal determinar els tipus existents:

- Força.
- Climatització.
- Il·luminació.
- Il·luminació d'emergència.
- Preses de corrent.

Les càrregues de **força** es troben al taller mecànic, ja que son totes les màquines que s'utilitzen per treballar els metalls. La majoria d'elles són trifàsiques i la seva potència absorbida es calcularà normalment a partir de la seva potència nominal, el factor de potència i el rendiment, tot i que també es poden trobar fabricants que donin directament el valor de la potència absorbida.

Taula 2.1 – Llistat de maquinaria: característiques i potències unitàries i total.

Nº	Descripció	Q	P _u [kW]	Pol.s	FP	P [kW]
1	Mecanitzat de rosques	1	1	1P + N	0,85	1
2	Polidora doble	1	0,85	1P + N	0,8	0,85
3	Caldera ACS	1	2	1P + N	0,9	2
4	Compressor d'aire	1	4,8	3P + N	0,85	4,8
5	Mecanitzat amb control numèric	1	15	3P + N	0,92	15
6	Pont grua	1	3,9	3P + N	0,9	3,9
7	Serra	1	1,2	3P + N	0,9	1,2
8	Torn automàtic	1	12,5	3P + N	0,85	12,5

9	Torn manual	2	1,5	3P + N	0,87	3
10	Trepant de columna	3	1,3	3P + N	0,85	3,9
11	Bomba de circulació ACS	1	1	3P + N	0,8	1
Total						44,4 kW

La potència destinada a equips de **climatització** s'estimarà a partir de la potència frigorífica per metre quadrat necessària per refredar cada habitacle climatitzat de la nau industrial.

En aquest cas i seguint les indicacions d'un reconegut fabricant d'equips de climatització (vegi's a la bibliografia), s'ha determinat aquesta quantitat en 120 frigories per metre quadrat a totes les oficines, despatxos i sales de visites, entre altres. Posteriorment, s'ha aplicat un rendiment del 116,3% per passar de potència frigorífica a potència elèctrica:

Taula 2.2 – Càlcul de la potència total dels equips de climatització.

Descripció	S [m ²]	P [FR]	P [W]
Oficina tècnica	130,3	15636	13444,5
Administració	62,8	7536	6479,8
Cap de compres	14,6	1752	1506,4
Cap de vendes nacionals	11,8	1416	1217,5
Cap d'exportació	15,0	1800	1547,7
Consell d'administració 1	16,3	1956	1681,9
Consell d'administració 2	16,3	1956	1681,9
Consell d'administració 3	14,7	1764	1516,8
Departament comercial nacional	15,0	1800	1547,7
Departament de compres	30,4	3648	3136,7
Departament de producció	23,1	2772	2383,5
Departament de vendes	11,8	1416	1217,5
Departament d'informàtica	14,0	1680	1444,5
Direcció general	33,8	4056	3487,5
Disseny i màrqueting	23,0	2760	2373,2
Exportació i vendes nacionals	86,9	10428	8966,5
Màrqueting	44,6	5352	4601,9
Menjador	28,7	3444	2961,3
Recepció	42,1	5052	4343,9
Recursos humans	32,3	3876	3332,8
Sala de neteja	9,0	1080	928,6
Sala de <i>plotters</i>	27,3	3276	2816,9
Sala de Reunions 1	46,5	5580	4797,9
Sala de reunions 2	7,8	936	804,8
Sala de visites 1	6,6	792	681,0
Sala de visites 2	11,6	1392	1196,9

Sala de Visites 3	8,2	984	846,1
Servidor	19	3800	3267,4
Vestíbul	31,9	3828	3291,5
Total			87,5 kW

Les instal·lacions d'il·luminació i il·luminació d'emergència es calculen en apartats posteriors i per tant, les seves potències són valors ja determinats:

Instal·lació d'il·luminació: **13,6 kW**

Instal·lació de il·luminació d'emergència: **1,4 kW**

Finalment, caldrà preveure les **preses de corrent** en funció de les possibles necessitats de cada zona de la nau. Així, caldrà instal·lar endolls monofàsics per als llocs de treball amb ordinador, ja previstos, i caldrà distribuir-ne per tota la nau per a possibles necessitats que puguin sorgir en altres punts. A més a és, s'instal·laran quadres amb preses de corrent monofàsiques i trifàsiques, dues de cada, al laboratori, per a les màquines de proves de qualitat i al taller mecànic, per possibles càrregues no contemplades a la taula 2.1 d'aquells apartat.

La potència de les preses de corrent, l'ús de les quals no estigui previst, es calcularà tenint en compte que han de poder suportar càrregues de fins a 16 A i aplicant-hi factors de simultaneïtat (F_s) i utilització (F_u) segons s'estimi convenient en cada situació.

Així, les úniques càrregues conegudes en aquest apartat són les corresponents a ordinadors i s'han estimat en 250 W per presa de corrent.

La potència total prevista per a preses de corrent és de **113,1 kW**

Finalment, aquesta és la potència resultant de la instal·lació elèctrica:

Taula 2.3 – Potència instal·lada de la instal·lació elèctrica de la nau industrial.

Descripció	P_u [kW]
Força	44,4
Climatització	87,5
Il·luminació	13,6
Il·luminació d'emergència	1,4
Preses de corrent	113,1
Potència instal·lada	260 kW

2.3. Escomesa

L'escomesa, definida a la ITC-BT-11, és la part de la instal·lació de la xarxa de distribució que alimenta la caixa general de protecció.

En el cas d'aquesta nau industrial, l'escomesa és del tipus subterrània amb entrada i sortida de manera que s'hauran de complir tots els requisits marcats per la ITC-BT-07, sobre xarxes subterrànies per a distribució en baixa tensió:

Els cables conductors, de coure en aquest cas tot i que també podrien ser d'alumini, hauran de tenir una tensió assignada no inferior a 0,6/1 kV i una secció mínima de 6 mm². Cal dir que, tot i que fets els càlculs pertinents, resulta una escomesa amb una secció molt més elevada, la norma tècnica particular d'Endesa per a subministraments en baixa tensió, eleva aquest valor de secció mínima a 10 mm².

Per a la nau objecte d'aquest projecte, l'escomesa constarà de 3 fases + neutre i per tant, de 4 conductors, de manera que la secció del conductor neutre serà de 95 mm² segons la taula 1 d'aquesta instrucció tècnica, ja que la secció de les fases és de 185 mm².

La profunditat mínima a la que s'instal·larà l'escomesa serà de 0,8 m.

2.4. Instal·lació d'enllaç

La instal·lació d'enllaç, descrita a la ITC-BT-12 del REBT és l'element encarregat d'unir la Caixa General de Protecció (inclòs com a part de la instal·lació d'enllaç) amb la instal·lació interior. Prové de l'escomesa, que és, segons la instrucció tècnica 11, la unió entre la xarxa de distribució i la CGP.

En aquest cas, l'esquema de la instal·lació d'enllaç és el corresponent a l'esquema 2.1 del REBT, corresponent a instal·lacions d'enllaç per a un sol usuari. En aquesta configuració queda simplificada la instal·lació elèctrica per coincidir al mateix lloc la CGP i els equips de mesura i per tant, no ser necessària la Línia General d'Alimentació (element encarregat d'unir ambdós elements en el resto de configuracions). A més a més, en aquest cas coincidiran els fusibles de seguretat amb els fusibles de la CGP:

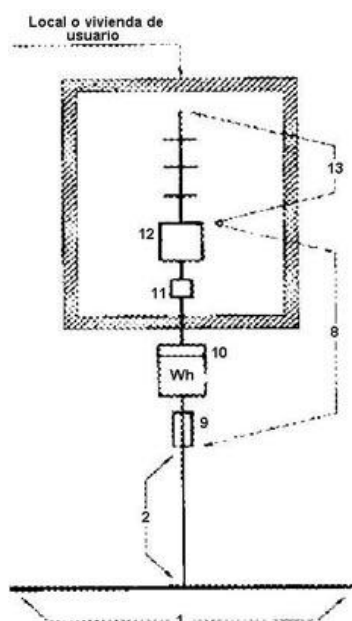


Figura 2.1 – Esquema de la instal·lació d'enllaç per a un únic usuari.

2.4.1. Caixa de protecció i mesura

La aixxa general de protecció, pertanyent a la instal·lació d'enllaç, és la caixa que allotjaria els elements de protecció de la línia general d'alimentació. En aquest cas però, com ja s'ha mencionat, al coincidir amb els equips de mesura, no existeix la LGA i per tant, s'unificarà en una sola caixa la CGP i els equips de mesura, anomenada caixa de protecció i mesura (CPM).

Al traçar-se d'una escomesa subterrània, aquesta s'haurà d'instal·lar en un nínxol a la paret que es tancarà amb una porta metàl·lica amb grau de protecció IK 10. La part inferior d'aquesta haurà d'estar a una altura mínima de 0,3 m del terra i les lectures dels equips de mesura a una altura d'entre 0,7 i 1,8 metres.

2.4.2. Dispositius generals de comandament i protecció de la instal·lació d'enllaç

Les proteccions per a aquesta part de la instal·lació elèctrica venen determinades per la guia vademècum per a instal·lacions d'enllaç en baixa tensió, que es la NTP (Norma Tècnica Particular) de la distribuïdora. En aquesta guia, l'annex 2, sobre subministraments individuals superiors a 15 kW, determina les proteccions necessàries en funció de la potència contractada, que en aquest cas serà de 218 kW:

Taula 2.4 – Proteccions de la instal·lació interior.

Element de protecció	Característiques
Protecció diferencial	Toroïdal, sensibilitat de 30 o 300 mA
IGA	C630, $I_{reg} = 410$ A, 3P+N
Protecció contra sobretensions	Permanents i transitòries
Fusibles de la CGP	630A

2.5. Instal·lacions interiors o receptores

Aquest apartat es regirà principalment per la ITC-BT-19.

Els conductors que alimentaran als receptors finals, hauran de calcular-se tenint en compte les taules de la UNE20.460, sobre les intensitats màximes admissibles pels cables en funció del número de conductors i de la naturalesa del seu aïllament. Per a aquest projecte, s'ha decidit utilitzar aïllament XLPE, polietilè reticulat, que aguanta una temperatura màxima de 90 °C en servei permanent. El nombre de conductors estarà determinat per les necessitats de cada línia interior.

A més a més, les línies interiors també hauran de respectar les màximes caigudes de tensió, especificades a l'apartat 2.2.2 de l'esmentada instrucció tècnica, segons la qual, tractant-se d'una instal·lació industrial alimentada directament en alta tensió mitjançant una transformador de distribució propi, es pot considerar que la instal·lació interior de baixa tensió té el seu origen en borns del secundari del transformador, les caigudes de tensió admissibles són les següents:

- 4,5% per a enllumenat.
- 6,5% per als demés usos.

La identificació dels diferents conductors es realitzarà, segons el punt 2.2.4, de la següent manera:

- Blau per al conductor neutre.
- Verd i groc per al conductor de protecció.
- Negre, gris o marró per als conductors de fase.

La secció dels conductors de protecció, ve determinada per la taula 2 de la ITC 19:

Taula 2.5 – Proteccions de la instal·lació interior.

Secció dels conductors de fase [mm ²]	Secció del conductor de protecció [mm ²]
$S \leq 16$	S (2,5 com a mínim)
$16 < S < 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Caldrà subdividir les instal·lacions interiors de manera que les averies originàries en cert punt de la instal·lació no afectin a tota la instal·lació sinó a una petita part determinada. A més a més, caldrà aconseguir el màxim equilibri possible de càrregues entre fases.

Finalment, els cables es disposaran a través de les safates metàl·liques al taller mecànic, quan sigui possible, i per les columnes al pàrquing i al taller, quan no sigui possible passar per les safates. Al resto de zones, les quals disposen de fals sostre, es disposaran sobre aquest. Tot i així, tots els cables estaran protegits per tub flexible de PVC en la totalitat del seu recorregut, el qual els oferirà la resistència mecànica

necessària perquè no es deteriori l'aïllament dels mateixos per fregaments amb els suports metàl·lics i demés. El diàmetre exterior mínim dels tubs flexibles de PVC el determina la taula 2 de la ITC-BT-21 (ITC corresponent a tubs i canals protectors):

Taula 2.6 – Diàmetre exterior dels tubs en funció del número de conductors i la seva secció.

Secció conductors [mm ²]	Diàmetre exterior dels tubs [mm]				
	Número de conductors				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32

2.6. Mètodes de càlculs justificatius

A banda de les proteccions de la instal·lació interior, les proteccions i línies restants caldrà calcular-les segons els mètodes que especifica la llei, mitjançant el REBT. En aquest es recull com s'hauran de dimensionar els cables, des de l'escomesa fins a les línies interiors, així com les proteccions magnetotèrmiques i diferencials de les diferents línies interiors.

2.6.1. Potència de càlcul

Per al dimensionat de la instal·lació, cal tenir en compte que l'REBT preveu diversos factor de sobredimensionat en funció del tipus de càrregues que es connectin a cada línia interior. Per a aquest cas, només s'aplicarà el descrit a la ITC-BT 47: a les línies que alimentin a un sol motor se'ls haurà d'aplicar un factor de 1,25 i a les que alimentin a més d'un motor, caldrà aplicar aquest mateix factor però només al motor de més potència.

Evidentment, la potència de càlcul correspon a la potència absorbida dels receptors multiplicada pel factor de sobredimensionat si s'escau, però per a la intensitat de càlcul, també cal tenir en compte el factor de potència:

$$I_c = \frac{P_c}{V \cdot \cos(\varphi)} \quad [2.1]$$

$$I_c = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos(\varphi)} \quad [2.2]$$

La fórmula 2.1 seria per a les línies monofàsiques i la 2.2 per a les trifàsiques.

2.6.2. Dimensionat dels conductors

Els cables conductors seran de tres fases més neutre o una fases més neutre en funció de les necessitats de les càrregues que alimentin i la secció de cadascun d'ells, es determinarà de manera que compleixi els següents dos criteris:

Criteri de la intensitat

A la ITC-BT-19, sobre prescripcions generals de les instal·lacions interiors o receptores, s'hi troba la taula 1, actualitzada a la UNE 20.460, que determina la intensitat que és capaç de suportar un cable en funció de l'aïllament d'aquest, el muntatge en obra, el nombre de fases i la secció.

En aquest cas, l'aïllament escollit és l'XLPE i el muntatge és el B2: cables multiconductors en tubs en muntatge superficial i encastrats en obra.

Amb les intensitats de càlcul, calculades segons les fórmules 2.1 o 2.2, només cal escollir una secció que la suporti.

Finalment, caldrà tenir en compte però, també, que a la mateixa norma UNE 20.460, s'estableixen uns factors de reducció de la màxima intensitat admissible dels cables en cas d'agrupament de varis circuits, concretament a la taula A.52-3. Aquesta, estableix tals factors en funció del número de circuits agrupats i la seva disposició. Per al cas d'estudi d'aquest projecte, es fan servir els muntatges 2, capa única sobre superfície no perforada (fals sostre, oficina tècnica i oficines de la planta 1) i 4, capa única en safata perforada vertical o horitzontal (taller i aparcament).

Criteri de la tensió

La ITC-BT-15 estableix que la màxima caiguda de tensió per a la derivació individual en subministres per a un sol usuari és de l'1,5%. Tanmateix, a la ITC-BT-19 s'estableix que la màxima caiguda de tensió per a línies per a enllumenat és del 3% i per al resto de línies interiors del 5%.

El percentatge de caiguda de tensió es calcula segons les següents fórmules, novament diferents en funció de si es tracten de línies de una o tres fases:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos(\varphi)}{\gamma_{Cu,90^{\circ}C} \cdot S} \cdot \frac{100}{V} \quad [2.3]$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos(\varphi)}{\gamma_{Cu,90^{\circ}C} \cdot S} \cdot \frac{100}{V} \quad [2.4]$$

On:

L és la longitud de la línia en m.

I és la intensitat de càlcul en A.

$\gamma_{Cu,90^{\circ}C}$ és la conductivitat del coure a $90^{\circ}C$ en S.

V és la tensió de fase de la línia en V.

La conductivitat del cable conductor, que com en aquest cas, sol ser de coure, s'ha de prendre a la màxima temperatura de treball de l'aïllament (pitjors circumstàncies per a la caiguda de tensió) i per tant, al tractar-se d'XLPE, cal considerar el valor de conductivitat del coure a $90^{\circ}C$, que és de 45 S/m.

Així, a després de calcular la secció mínima dels cables amb el criteri d'intensitat, caldrà verificar que no s'excedeix la màxima caiguda de tensió permesa i en cas que això passi, augmentar-ne la secció. En casos on es puguin preveure línies molt llargues que requereixin seccions molt elevades, distribuir subquadres elèctrics.

Conductor de protecció

El conductor de protecció o de terra, és l'element encarregat de connectar totes les masses metàl·liques de la nau amb l'elèctrode de la posada a terra. El seu aïllament és de color verd i groc i la seva secció ve determinada per la taula 2 de la ITC 19:

Taula 2.7 – Secció del conductor de protecció.

Secció dels conductors de fase [mm^2]	Secció dels conductors de protecció [mm^2]
$S \leq 16$	S (amb un mínim de $2,5 mm^2$)
$16 \leq S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

2.6.3. Dimensionat de les proteccions

Protecció contra sobreintensitats

Per a la protecció de la instal·lació interior contra sobrecàrregues i curtcircuit, s'utilitzaran Petits Interruptors Automàtics (PIA) magnetotèrmics, tenint en compte les següents consideracions:

$$I_L \leq I_n \leq I_Z$$

On I_L és la intensitat nominal total dels equips receptors interiors, I_n és la intensitat nominal del magnetotèrmic i I_Z és la intensitat màxima admissible del conductor de la línia interior corresponent. Aquesta desigualtat provocarà que en algunes línies, s'haurà d'augmentar la secció dels conductors per tal de que la magnetotèrmic els protegeixi.

Això pel que fa a sobrecàrregues, pel que fa a curtcircuits, cal determinar la màxima i la mínima intensitat de curtcircuit (I_{cc}) a cada PIA: la màxima es produiria just després del PIA i la mínima es produiria al final de la línia interior. Es tracta d'assegurar l'actuació

magnètica del PIA en cas de $I_{cc,min}$ i que a la vegada, sigui capaç de tallar en condicions d' $I_{cc,max}$. Per tant, s'ha de complir que:

$$PdC \geq I_{cc,max}$$

$$I_{cc,min} > I_m$$

Tot i així, com que no es tenen dades dels valors de resistència aigües amunt de la derivació individual, es pot establir que en qualsevol cas, la màxima intensitat de curtcircuit que es podrà donar a la instal·lació d'enllaç serà igual a la màxima I_{cc} del secundari del transformador, que en aquest cas és de 20,21 kA com es podrà comprovar al capítol 3.

Segons l'annex 3 de la guia tècnica d'aplicació del REBT, la intensitat se curtcircuit es calcularà amb la següent fórmula:

$$I_{cc} = \frac{0,8 \cdot U}{R}$$

[2.5]

I el valor de resistència:

$$R = \delta \cdot \frac{L}{S}$$

[2.6]

On:

U és la tensió de fase de la línia en V.

R és la resistència de la línia en Ω .

δ és la resistivitat del coure en Ω/m .

L és la longitud de la línia en m.

S és la secció de la línia en mm^2 .

A més a més, per a la selecció dels PIA s'emprarà la corba D per a línies interiors que alimentin a motors, càrregues amb importants pics d'arrencada, i la corba C per al resto de línies.

Protecció contra contactes indirectes

Per a la protecció contra contactes indirectes s'instal·laran Interruptors Diferencials (ID), capaços de detectar petits corrents de fuga.

Totes les línies interiors disposaran de protecció diferencial i aquests es calcularan de manera que la seva intensitat nominal sigui superior al sumatori de les intensitats nominals dels PIA's dels circuits interiors que protegeixi. A més a més, la sensibilitat d'aquests s'escollirà en funció del càrrega que protegeixin: 300 mA quan protegeixin

línies de força i 30 mA per al resto de línies. Les intensitats nominals normalitzades utilitzades en aquest projecte són de 40 i 63 A.

2.7. Distribució de les línies interiors

Com s'ha dit anteriorment, a causa de la configuració de la nau industrial, amb dues plantes molt extenses, podrien resultar distàncies molt elevades de cables de fins a 100 m de longitud, fet que comportaria que s'haguessin d'utilitzar cables amb seccions exagerades per complir els criteris de màxima caiguda de tensió. Per tal d'evitar-ho, a part del quadre principal, situat just a l'entrada de la porta del taller mecànic, s'ha decidit instal·lar dos subquadres: un per cobrir la instal·lació elèctrica corresponent a la oficina tècnica i al laboratori i l'altre per a la planta 1, destinada a les oficines de la empresa.

Igualment que el resto de línies interiors, aquests s'han hagut de protegir contra sobreintensitats i sobretensions. En el cas de les sobreintensitats, s'ha decidit instal·lar un PIA principal, que englobaria a tot un subquadre, fent la funció de IGA d'aquest. Tot i així, seria un inconvenient important que un interruptor magnetotèrmic, situat al quadre principal (QGMP) tallés el corrent de tota la planta 1 per exemple. És per això, que es decideix instal·lar un PIA del calibre necessari a cada subquadre i un PIA per a cada subquadre situat al QGMP del calibre superior amb l'objectiu que, en cas de sobreintensitat, saltés primer el de calibre inferior, és a dir, el situat al subquadre mateix.

Designats els quadres elèctrics, cal repartir les càrregues en diferents línies interiors intentant seguir una certa lògica. En aquest cas, s'han separat les línies en funció del tipus de càrrega que alimenten (descrites al principi d'aquest capítol) i mirant d'obtenir línies mínimament equilibrades dins dels mateixos.

Per al cas de la planta 1, s'ha dividit la superfície en 7 sectors i s'ha intentat establir una línia interior per cada tipus de càrrega de cada sector. Es pot observar però, que les línies d'il·luminació s'han ajuntat per tractar-se de línies de baixa potència i que per a les línies d'endolls, en molts casos, ha calgut destinar-hi més d'una línia interior.

2.8. Posada a terra

La instal·lació de posada a terra es descriu a la ITC-BT-24, a la apartat 4, sobre protecció contra els contactes indirectes i els possibles esquemes de connexió es determinen a la instrucció tècnica complementària número 8, sobre sistemes de connexió del neutre i de les masses. En aquesta instal·lació s'ha cregut convenient utilitzar l'esquema TT:

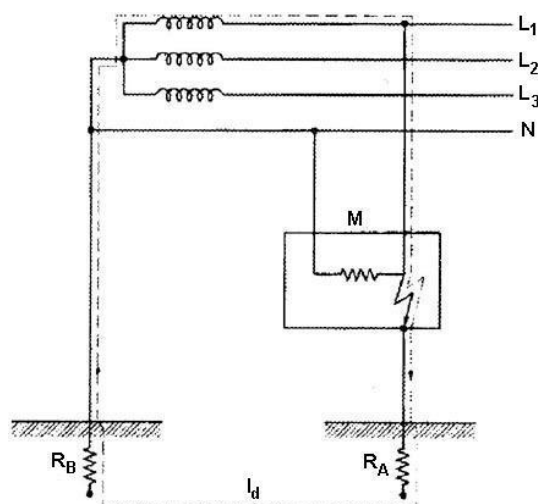


Figura 2.2 – Esquema TT.

Així, tenint en compte que la tensió límit convencional és de 50 V, caldrà assegurar l'expressió següent:

$$R_A \cdot I_a \leq U$$

És a dir, la màxima tensió de defecte que es pugui produir en cas de fuga de corrent no podrà superar els **50 V**. Aquesta es calcula amb el producte de la resistència de la posada a terra (R_a) i la intensitat que assegura l'accionament del dispositiu de seguretat, el ID (I_a). D'aquesta manera, tenint en compte que en el pitjor dels casos, la sensibilitat de l'interruptor diferencial és de **300 mA**, una resistència de la PaT de **166 Ω** garantiria aquesta inequació.

Aquesta resistència però, és molt alta i normalment, s'utilitzen valors molt inferiors als exigits per l'REBT. De fet, segons la guia tècnica d'aplicació del REBT BT-26, aquest valor no ha de superar els **37 Ω** quan l'edifici no té parallamps, com en aquest cas.

Seguint el mètode UNESA, sobre les configuracions tipus d'elèctrodes de PaT, cal estimar la resistivitat del terreny mitjançant la taula 3 de la ITC-BT-18. En aquest cas, com que es tracta d'una zona muntanyosa amb terreny rocós cobert per vegetació, s'ha estimat el valor de la resistivitat d'aquest en **500 $\Omega \cdot m$** . Amb aquest valor, només cal escollir una de les configuracions d'elèctrode de l'annex 2 del mètode UNESA que garanteixi una resistència de la PaT inferior a 37 Ω . En aquest cas, s'ha optat per utilitzar el mínim nombre de piques, curtes i a la mínima profunditat possible, ja que és molt costós enterrar-les. Finalment, s'ha optat per la configuració **80-40/5/42** és a dir, un rectangle de 8 x 4 metres amb 4 piques de 2 metres de longitud i 14 mm de diàmetre, enterrades a una profunditat de 0,5 m i unides amb cable nu de 50 mm²:

Rectángulo de 8.0 m x 4.0 m.

Sección conductor = 50 mm².
 Diámetro picas = 14 mm.
 L_p = Longitud de la pica en m.

PROFUNDIDAD = 0'5 m

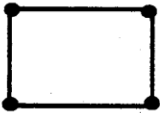
CONFIGURACION	L _p (m)	RESISTENCIA K _r	TENSION DE PASO K _p	TENSION DE CONTACTO EXT K _c = K _p (acc)	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.088	0.0169	0.0508	80-40/5/00
4 picas 	2	0.072	0.0154	0.0338	80-40/5/42
	4	0.061	0.0127	0.0255	80-40/5/44
	6	0.053	0.0107	0.0204	80-40/5/46
	8	0.047	0.0093	0.0169	80-40/5/48

Figura 2.3 – Configuració de l'elèctrode de la PaT escollit: 80-40/5/42.

Com s'observa a la figura 2.3, la resistència k_r d'aquesta configuració és de **0,072 $\Omega/(\Omega \cdot m)$** de manera que la resistència de la PaT serà de:

$$R_A = \delta \cdot k_r = 500 (\Omega \cdot m) \cdot 0,072 \Omega/(\Omega \cdot m) = 36 \Omega$$

D'aquesta manera, es garanteix la condició de màxima tensió de defecte sobradament:

$$R_A \cdot I_a \leq U \rightarrow 36 \Omega \cdot 0,3 A = 10,8 V \ll 50 V$$

2.9. Compensació de reactiva i filtratge d'harmònics

Per tal de reduir costos en la factura elèctrica, és primordial reduir al màxim tant el consum d'energia reactiva com el de la presència d'harmònics:

La potència reactiva és un tipus de potència que no és útil per als receptors de la instal·lació però que el seu consum està molt penalitzat per la companyia elèctrica. Aquest tipus de consum el causen principalment els motors, els quals funcionen amb bobines, elements que consumeixen l'energia reactiva. Així, instal·lant una bateria de condensadors, elements que consumeixen energia reactiva de signe contrari a la de les bobines, s'aconsegueix ajustar el factor de potència a pràcticament la unitat i d'aquesta manera, s'evita el recàrrec per consum de reactiva i s'acaba amortitzant el costa de l'equip de compensació de reactiva.

Per tal de dimensionar la potència d'aquesta, s'estima un factor de potència de 0,8 i es calcula la potència reactiva màxima de l'equip de condensadors:

$$Q = P \cdot \sin(\varphi) = 257 kW \cdot 0,6 = 154,2 kVar$$

D'altra banda, els harmònics els provoquen càrregues del tipus electrònic com variadors de velocitat i equips informàtics i distorsionen l'ona sinusoidal amb la que es

distribueix l'energia elèctrica. Aquest fenomen pot provocar pics de tensió que poden causar reduccions en el rendiment de les diferents càrregues i envelliment de l'aïllament dels conductors.

Així, s'ha decidit instal·lar una bateria de condensadors de 150 kVAr amb filtratge d'harmònics, similar a la **Circutor OPTIM FM-150-440**.

2.10. Resum de la instal·lació elèctrica

En aquest subapartat, es resumeixen el conjunt de resultats obtinguts i els elements més destacables que finalment s'instal·laran a la nau industrial.

A continuació, es presenta la fulla de resultats, d'on es dedueixen les seccions S dels cables (figures 2.4 a 2.6) i els valors nominals I_n de les diferents proteccions magnetotèrmiques (figures 2.7 a 2.9):

Codi	Descripció	V [V]	P [W]	Factor	P _c [W]	FP	I _c [A]	S [mm ²]	I _z [A]	F _R	I _{zR} [A]	L [m]	e _{màx} [%]	e [%]	e _{acum} [%]
DI	Derivació individual	400	-	-	272594	0,95	414,2	185	450	1	450	67	1,5	1,4	
QGMP	Taller mecànic	400	-	-	98786	0,9	158,4								
F1.1	Mecanitzat rosques i polidora	230	1850	1,25	2100	0,8	11,4	2,5	25	0,7	17,5	56	6,5	4,0	5,3
F1.2	Caldera elèctrica	230	2000	1	2325	0,9	11,2	2,5	25	0,7	17,5	31	6,5	2,4	3,8
F1.3	Compressor d'aire	400	4800	1,25	6000	0,85	10,2	2,5	22	0,7	15,4	64	6,5	2,1	3,5
F1.4	Mecanitzat CN	400	15000	1,25	18750	0,92	29,4	4	30	1	30	10	6,5	0,7	2,0
F1.5	Pont grua i serra	400	6100	1,25	7075	0,9	11,3	2,5	22	0,7	15,4	51	6,5	2,0	3,4
F1.6	Torn automàtic	400	12500	1,25	15625	0,85	26,5	10	37	0,75	27,75	26	6,5	0,6	1,9
F1.7	Torns manuals	400	3000	1,25	3375	0,87	5,6	1,5	16	0,75	12	18	6,5	0,6	1,9
F1.8	Trepants de columna	400	3900	1,25	4225	0,85	7,2	1,5	16	0,7	11,2	31	6,5	1,2	2,6
F1.9	Bomba de circulació ACS	400	1000	1,25	1325	0,8	2,4	1,5	16	0,7	11,2	25	6,5	0,3	1,7
I1.1	Magatzem	230	460	1	460	1	2,0	1,5	18	0,75	13,5	40	4,5	1,0	2,4
I1.2	Menjador, lavabo i vestidor	230	516,6	1	517	1	2,2	1,5	18	0,75	13,5	33	4,5	1,0	2,3
I1.3	Pàrquing 1 i escales	230	1462,8	1	1463	1	6,4	2,5	25	0,75	18,75	61	4,5	3,0	4,4
I1.4	Pàrquing 2	230	1425	1	1425	1	6,2	2,5	25	0,75	18,75	65	4,5	3,1	4,5
I1.5	Taller 1, lavabos i distribuïdor	230	1984,2	1	1984	1	8,6	4	34	0,7	23,8	57	4,5	2,4	3,7
I1.6	Taller 2 i traster	230	2370	1	2370	1	10,3	4	34	0,7	23,8	55	4,5	2,7	4,1
E1.1	Taller i annexos	230	112	1	112	1	0,5	1,5	18	0,7	12,6	49	4,5	0,3	1,7
E1.2	Pàrquing	230	520	1	520	1	2,3	1,5	18	0,75	13,5	48	4,5	1,4	2,8
P1.1	Preses taller 1	400	206711,8	0,05	10336	1	14,9	2,5	22	0,75	16,5	64	6,5	3,7	5,0
P1.2	Preses taller 2	400	206711,8	0,05	10336	1	14,9	2,5	22	0,75	16,5	50	6,5	2,9	4,2
P1.3	Lavabos	230	18400	0,16	2944	1	12,8	2,5	25	0,75	18,75	23	6,5	2,3	3,6
P1.4	Menjador, Vestíbul i vestidor	230	55200	0,05	2760	1	12,0	2,5	25	0,75	18,75	34	6,5	3,2	4,5
P1.5	Pàrquing i escales	230	18400	0,15	2760	1	12,0	2,5	25	0,75	18,75	43	6,5	4,0	5,4

Figura 2.4 – Càlcul de seccions pels criteris de intensitat i caiguda de tensió; Quadre general de comandament i protecció (CGMP).

Codi	Descripció	V [V]	P [W]	Factor	P _c [W]	FP	I _c [A]	S ₁ [mm ²]	I _z [A]			L [m]	e _{màx} [%]	e [%]	e _{acum} [%]
SQ2	Oficina tècnica i laboratori	400			46301	1	66,8	35	110	0,8	83	44	6,5	0,8	2,2
C2.1	Oficina tècnica	400	13444,5	1	13445	1	19,4	4	30	0,7	21	13	6,5	0,6	2,8
I2.1	Laboratori i escales	230	602,4	1	602	1	2,6	1,5	18	0,7	13	19	4,5	0,6	2,8
I2.2	Oficina tècnica	230	751,2	1	751	1	3,3	1,5	18	0,7	13	15	4,5	0,6	2,8
E2.1	Laboratori i oficina Tècnica	230	152	1	152	1	0,7	1,5	18	0,7	13	22	4,5	0,2	2,4
P2.1	Laboratori 1	400	29530,3	0,35	10336	1	14,9	2,5	22	0,7	15	21	6,5	1,2	3,4
P2.2	Laboratori 2	400	29530,3	0,35	10336	1	14,9	2,5	22	0,7	15	20	6,5	1,1	3,3
P2.3	Oficina tècnica - general	230	14720	0,25	3680	1	16,0	2,5	25	0,7	18	15	6,5	1,9	4,1
P2.4	Oficina tècnica - ordinadors 1	230	3500	1	3500	1	15,2	2,5	25	0,7	18	16	6,5	1,9	4,1
P2.5	Oficina tècnica - ordinadors 2	230	3500	1	3500	1	15,2	2,5	25	0,7	18	21	6,5	2,5	4,7

Figura 2.5 – Càlcul de seccions pels criteris d'intensitat i caiguda de tensió; Subquadre 2.

Codi	Descripció	V [V]	P [W]	Factor	P _c [W]	FP	I _c [A]	S _i [mm ²]	I _z [A]			L [m]	e _{màx} [%]	e [%]	e _{acum} [%]
SQ3	Oficines	400			127507	1	184,0	95	207	1,0	207	15	6,5	0,3	1,7
C3.1	Zona 1	400	6366,4	1	6366	1	9,2	1,5	16	0,7	11	43	6,5	2,5	4,2
C3.2	Zona 2	400	14426,3	1	14426	1	20,8	4	30	0,7	21	29	6,5	1,5	3,1
C3.3	Zona 3	400	14496,9	1	14497	1	20,9	4	30	0,7	21	21	6,5	1,1	2,7
C3.4	Zona 4	400	13795,4	1	13795	1	19,9	4	30	0,7	21	32	6,5	1,5	3,2
C3.5	Zona 5	400	2961,3	1	2961	1	4,3	1,5	16	0,7	11	5	6,5	0,1	1,8
C3.6	Zona 6	400	3267,4	1	3267	1	4,7	1,5	16	0,7	11	3	6,5	0,1	1,7
C3.7	Zona 7	400	14950,9	1	14951	1	21,6	6	37	0,7	26	38	6,5	1,3	3,0
I3.1	Zones 1 i 2	230	1638,9	1	1639	1	7,1	2,5	25	0,7	18	45	4,5	2,5	4,1
I3.2	Zones 3	230	744	1	744	1	3,2	1,5	18	0,7	13	27	4,5	1,1	2,8
I3.3	Zones 4, 5, 6 i 7	230	1640,4	1	1640	1	7,1	2,5	25	0,7	18	44	4,5	2,4	4,1
E3.1	Evacuació	230	592	1	592	1	2,6	1,5	18	0,7	13	50	4,5	1,7	3,3
P3.1	Zona 1 - Us general	230	16220	0,2	3244	1	14,1	4	34	0,7	24	49	6,5	3,3	5,0
P3.2	Zona 1 - Ordinadors	230	1500	1	1500	1	6,5	2,5	25	0,7	18	49	6,5	2,5	4,1
P3.3	Zona 2 - Us general	230	44160	0,08	3533	1	15,4	4	34	0,7	24	35	6,5	2,6	4,3
P3.4	Zona 2 - general distribuïdors	230	18400	0,16	2944	1	12,8	2,5	25	0,7	18	32	6,5	3,2	4,8
P3.5	Zona 2 - Plotters i recepció	230	2000	1	2000	1	8,7	2,5	25	0,7	18	21	6,5	1,4	3,1
P3.6	Zona 3 - Us General	230	11040	0,24	2650	1	11,5	2,5	25	0,7	18	18	6,5	1,6	3,3
P3.7	Zona 3 - Ordinadors 1	230	3500	1	3500	1	15,2	2,5	25	0,7	18	26	6,5	3,1	4,7
P3.8	Zona 3 - Ordinadors 2	230	3500	1	3500	1	15,2	2,5	25	0,7	18	20	6,5	2,4	4,0
P3.9	Zona 3 - Despatxos	230	2000	1	2000	1	8,7	2,5	25	0,7	18	20	6,5	1,3	3,0
P3.10	Zona 4 - Us General	230	14720	0,24	3533	1	15,4	4	34	0,7	24	43	6,5	3,2	4,8
P3.11	Zona 4 - Ordinadors 1	230	3500	1	3500	1	15,2	4	34	0,7	24	45	6,5	3,3	5,0
P3.12	Zona 4 - Ordinadors 2	230	3250	1	3250	1	14,1	2,5	25	0,7	18	38	6,5	4,2	5,8
P3.13	Zona 5 - Us general	230	29440	0,12	3533	1	15,4	2,5	25	0,7	18	12	6,5	1,4	3,1
P3.14	Zona 6 - Equips electrònics	230	2250	1	2250	1	9,8	2,5	25	0,7	18	8	6,5	0,6	2,3
P3.15	Zona 7 - Us general	230	25760	0,12	3091	1	13,4	2,5	25	0,7	18	43	6,5	4,5	6,1
P3.16	Zona 7 - Administració	230	3000	1	3000	1	13,0	2,5	25	0,7	18	23	6,5	2,3	4,0
P3.17	Zona 7 - Despatxos	230	2000	1	2000	1	8,7	2,5	25	0,7	18	35	6,5	2,4	4,0
P3.18	Zona 7 - Dep. de compres	230	3600	1	3600	1	15,7	4	34	0,7	24	42	6,5	3,2	4,8

Figura 2.6 – Càlcul de seccions pels criteris d'intensitat i caiguda de tensió; Subquadre 3.

Codi	Descripció	V [V]	S [mm ²]	I _z [A]	I _c [A]	I _n [A]	I _z [A]	L [m]	R [Ω]	I _{cc,min} [A]	I _{cc,max} [kA]	I _m [A]
DI	Derivació individual	400	185	450	414,2	410	450	67	0,0065		28,2	
QGMP	Taller mecànic											
F1.1	Mecanitzat rosques i polidora	230	2,5	25	11,4	16	25	56	0,4097	449,1	>	320
F1.2	Caldera elèctrica	230	2,5	25	11,2	16	25	31	0,2297	801,0	>	320
F1.3	Compressor d'aire	400	2,5	22	10,2	16	22	64	0,4673	393,7	>	320
F1.4	Mecanitzat CN	400	4	30	29,4	25	30	10	0,0515	3571,5	>	500
F1.5	Pont grua i serra	400	2,5	22	11,3	16	22	51	0,3737	492,3	>	320
F1.6	Torn automàtic	400	10	37	26,5	25	37	26	0,0533	3450,9	>	500
F1.7	Torns manuals	400	1,5	16	5,6	6	16	18	0,2225	826,9	>	120
F1.8	Trepants de columna	400	1,5	16	7,2	10	16	31	0,3785	486,1	>	200
F1.9	Bomba de circulació ACS	400	1,5	16	2,4	3	16	25	0,3065	600,3	>	60
I1.1	Magatzem	230	1,5	18	2,0	3	18	40	0,4865	378,2	>	30
I1.2	Menjador, lavabo i vestidor	230	1,5	18	2,2	3	18	33	0,4025	457,1	>	30
I1.3	Pàrquing 1 i escales	230	2,5	25	6,4	10	25	61	0,4457	412,8	>	100
I1.4	Pàrquing 2	230	2,5	25	6,2	10	25	65	0,4745	387,8	>	100
I1.5	Taller 1, lavabos i distribuïdor	230	4	34	8,6	10	34	57	0,2630	699,6	>	100
I1.6	Taller 2 i traster	230	4	34	10,3	16	34	55	0,2540	724,4	>	160
E1.1	Taller i annexos	230	1,5	18	0,5	1	18	49	0,5945	309,5	>	10
E1.2	Pàrquing	230	1,5	18	2,3	3	18	48	0,5825	315,9	>	30
P1.1	Preses taller 1	400	2,5	22	14,9	16	22	64	0,4673	393,7	>	160
P1.2	Preses taller 2	400	2,5	22	14,9	16	22	50	0,3665	502,0	>	160
P1.3	Lavabos	230	2,5	25	12,8	16	25	23	0,1721	1069,0	>	160
P1.4	Menjador, Vestíbul i vestidor	230	2,5	25	12,0	16	25	34	0,2513	732,1	>	160
P1.5	Pàrquing i escales	230	2,5	25	12,0	16	25	43	0,3161	582,1	>	160

Figura 2.7 – Càlcul de les proteccions contra sobreintensitats; CGMP.

Codi	Descripció	V [V]	SI [mm ²]	IZ [A]	Ic [A]	I _n [A]	IZ [A]	L [m]	R [Ω]	I _{cc,min} [A]	I _{cc,màx} [kA]	10I _n [A]
SQ2	Oficina tècnica i laboratori	400	35	110	66,8	80	110	44	0,0291		6,3	
C2.1	Oficina tècnica	400	4	30	19,4	20	30	13	0,0876	2099,3	>	200
I2.1	Laboratori i escales	230	1,5	18	2,6	3	18	19	0,2571	715,5	>	30
I2.2	Oficina tècnica	230	1,5	18	3,3	6	18	15	0,2091	879,8	>	60
E2.1	Laboratori i oficina Tècnica	230	1,5	18	0,7	1	18	22	0,2931	627,7	>	10
P2.1	Laboratori 1	400	2,5	22	14,9	16	22	21	0,1803	1020,3	>	160
P2.2	Laboratori 2	400	2,5	22	14,9	16	22	20	0,1731	1062,7	>	160
P2.3	Oficina tècnica - general	230	2,5	25	16,0	16	25	15	0,1371	1341,6	>	160
P2.4	Oficina tècnica - ordinadors 1	230	2,5	25	15,2	16	25	16	0,1443	1274,7	>	160
P2.5	Oficina tècnica - ordinadors 2	230	2,5	25	15,2	16	25	21	0,1803	1020,3	>	160

Figura 2.8 – Càlcul de les proteccions contra sobreintensitats; SQ2.

Codi	Descripció	V [V]	SI [mm ²]	IZ [A]	Ic [A]	I _n [A]	IZ [A]	L [m]	R [Ω]	I _{cc,min} [A]	I _{cc,màx} [kA]	10I _n [A]
SQ3	Oficines	400	95	207	184,0	200	207	15	0,0094		19,7	
C3.1	Zona 1	400	1,5	16	9,2	10	16	43	0,5254	350,2	>	100
C3.2	Zona 2	400	4	30	20,8	25	30	29	0,1399	1315,6	>	250
C3.3	Zona 3	400	4	30	20,9	25	30	21	0,1039	1771,6	>	250
C3.4	Zona 4	400	4	30	19,9	20	30	32	0,1534	1199,8	>	200
C3.5	Zona 5	400	1,5	16	4,3	6	16	5	0,0694	2652,8	>	60
C3.6	Zona 6	400	1,5	16	4,7	6	16	3	0,0454	4056,3	>	60
C3.7	Zona 7	400	6	37	21,6	25	37	38	0,1234	1491,6	>	250
I3.1	Zones 1 i 2	230	2,5	25	7,1	10	25	45	0,3334	552,0	>	100
I3.2	Zones 3	230	1,5	18	3,2	6	18	27	0,3334	552,0	>	60
I3.3	Zones 4, 5, 6 i 7	230	2,5	25	7,1	10	25	44	0,3262	564,1	>	100
E3.1	Evacuació	230	1,5	18	2,6	3	18	50	0,6094	302,0	>	30
P3.1	Zona 1 - Us general	230	4	34	14,1	16	34	49	0,2299	800,5	>	160
P3.2	Zona 1 - Ordinadors	230	2,5	25	6,5	16	25	49	0,3622	508,1	>	160
P3.3	Zona 2 - Us general	230	4	34	15,4	16	34	35	0,1669	1102,7	>	160
P3.4	Zona 2 - general distribuïdors	230	2,5	25	12,8	16	25	32	0,2398	767,4	>	160
P3.5	Zona 2 - Plotters i recepció	230	2,5	25	8,7	16	25	21	0,1606	1146,0	>	160
P3.6	Zona 3 - Us General	230	2,5	25	11,5	16	25	18	0,1390	1324,1	>	160
P3.7	Zona 3 - Ordinadors 1	230	2,5	25	15,2	16	25	26	0,1966	936,1	>	160
P3.8	Zona 3 - Ordinadors 2	230	2,5	25	15,2	16	25	20	0,1534	1199,8	>	160
P3.9	Zona 3 - Despatxos	230	2,5	25	8,7	16	25	20	0,1534	1199,8	>	160
P3.10	Zona 4 - Us General	230	4	34	15,4	16	34	43	0,2029	907,0	>	160
P3.11	Zona 4 - Ordinadors 1	230	4	34	15,2	16	34	45	0,2119	868,5	>	160
P3.12	Zona 4 - Ordinadors 2	230	2,5	25	14,1	16	25	38	0,2830	650,3	>	160
P3.13	Zona 5 - Us general	230	2,5	25	15,4	16	25	12	0,0958	1921,4	>	160
P3.14	Zona 6 - Equips electrònics	230	2,5	25	9,8	16	25	8	0,0670	2747,9	>	160
P3.15	Zona 7 - Us general	230	2,5	25	13,4	16	25	43	0,3190	576,9	>	160
P3.16	Zona 7 - Administració	230	2,5	25	13,0	16	25	23	0,1750	1051,7	>	160
P3.17	Zona 7 - Despatxos	230	2,5	25	8,7	16	25	35	0,2614	704,0	>	160
P3.18	Zona 7 - Dep. de compres	230	4	34	15,7	16	34	42	0,1984	927,6	>	160

Figura 2.9 – Càlcul de les proteccions contra sobreintensitats; SQ3.

Finalment, a les taules 2.8 i 2.9 es resumeixen respectivament, les quantitats d'interruptors magnetotèrmics i diferencials de les línies interiors. Els PIA, com ja s'ha comentat, s'extreuen de la fulla de càlculs i els ID de l'esquema unifilar de la instal·lació elèctrica:

Taula 2.8 – Relació de petits interruptors automàtics (PIA) magnetotèrmics a instal·lar.

Pols	Curva	I_n (A)	PdC [kA]	Quantitat
3P+N	D	6	22	1
3P+N	D	10	22	1
3P+N	D	16	22	2
3P+N	D	25	22	2
3P+N	C	6	22	2
3P+N	C	10	22	1
3P+N	C	16	22	4
3P+N	C	20	22	2
3P+N	C	25	22	3
1P+N	D	16	22	1
1P+N	C	1	22	2
1P+N	C	3	22	5
1P+N	C	6	22	2
1P+N	C	10	22	5
1P+N	C	16	22	25

Taula 2.9 – Relació d'interruptors diferencials (ID) a instal·lar.

Pols	I_n (A)	I_Δ (mA)	Quantitat
3P+N	40	300	4
3P+N	40	30	2
3P+N	63	30	2
1P+N	40	300	1
1P+N	40	30	10
1P+N	63	30	3

CAPÍTOL 3: CENTRE DE TRANSFORMACIÓ

Donades les dimensions de la instal·lació elèctrica i la previsió d'augmentar-ne la potència instal·lada, cal instal·lar un centre de transformació per poder transformar l'energia elèctrica provinent de les línies de distribució d'Endesa de mitja tensió (25 kV) a baixa tensió (400 V).

Per al càlcul del centre de transformació, s'utilitzarà un programa del propi fabricant, Schneider Electric, el qual a partir dels paràmetres d'entrada que demana, se n'obté el projecte del CT i que degut a que no l'haurà fet íntegrament l'autor d'aquest projecte, s'adjuntarà a l'apartat d'annexos.

No obstant, en aquest capítol es detallaran les característiques tècniques més importants extretes del Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya número 4827, de 22 de febrer de 2007, sobre Normes Tècniques Particulars d'Endesa en aquesta comunitat autònoma. Concretament, per a aquest projecte són d'aplicació les següents NTPs:

- NTP-CT: Centres de transformació en edificis.
- NTP-IEMT: Instal·lacions d'enllaç en mitja tensió.

3.1. NTP-CT

Segons s'especifica al punt 6.6.1 de la NTP-CT, el pont de cable d'alimentació de mitja tensió serà unipolar, amb aïllament sec per a una tensió d'aïllament de 18/30 kV i tindrà una secció mínima de 50 mm².

El pont de cable en baixa tensió, que unirà els borns del transformador amb el quadro de BT del mateix, tindrà les següents característiques, segons el punt 6.6.2 i la taula 5 del mateix:

Taula 3.1 – Pont de cable de BT.

Característiques del pont de cable de BT	
Aïllament	0,6/1 kV
Instal·lació	Agrupacions tetrapolars en forma de feix.
Material del conductor	Alumini (Al)
Secció de les fases	9x1x240 mm ²
Secció del neutre	3x1x240 mm ²

Al costat de mitja tensió estarà protegit contra sobreintensitats amb fusibles de les següents característiques, segons determina el punt 6.4 de la mateixa NTP:

Taula 3.2 – Fusibles al costat de mitja tensió.

Característiques dels fusibles de MT	
Tipus	Limitador
Classe	Associat
Tensió màxima de servei	30 kV
Poder de tall assignat	20 kA

Percutor	15 daN
Calibre	25 A

El *percutor* és un accionament mecànic que actuaria en cas que es fongués el fusible per donar un avis ja sigui visual, acústic o de qualsevol altre naturalesa o fins i tot per dur a terme una desconexió trifàsica el transformador. Pel que fa al calibre del fusible, s'ha calculat mitjançant la següent fórmula i tenint en compte de la tensió al costat de mitja és de 25 kV, la potència del CT és de 630 kVA i estimant un factor de potència de 0,8:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos(\varphi)} = \frac{360 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 25 \text{ kV} \cdot 0,8} = 18,2 \text{ A}$$

[3.1]

El quadre de baixa tensió, descrit pel punt 6.7, constarà dels següents elements:

Taula 3.3 – Quadre de baixa tensió.

Característiques del quadre de baixa tensió
Unitat de seccionament sense càrrega, mitjançant ponts lliscants, prevista amb una intensitat de 1600 A.
Un embarrat general, previst per a una intensitat de 1600 A.
4 bases portafusibles tripolars tancades de 400 A, seccionables unipolarment en càrrega i situats a connectats a l'embarrat general.
Una sortida protegida per alimentar els serveis auxiliars del CT.

Finalment, aquestes són les proteccions que haurà de tenir el CT, segons el punt 6.9:

La protecció contra sobrecàrregues es realitzarà mitjançant un termòmetre que al detectar la temperatura de regulació activi una bobina de dispar del ruptofusible provocant la desconexió del transformador. Tal temperatura serà de 95 °C per tal que el punt més calent dels bobinats del transformador no superi els 115 °C.

La protecció contra defectes intern es realitzarà per mitjà de fusibles d'alt poder d'apertura (APR) al costat de MT, amb un calibre de 50, segons la taula 6 i amb la següent corba d'actuació:

Taula 3.4 – Temps d'accionament dels fusibles del CT

Intensitat del defecte	Temps d'actuació
2 I _{nt}	> 2 h
12 I _{nt}	> 2 s
25 I _{nt}	< 0,1 s

Degut a que es troba en una zona muntanyosa i per tant, elevada, s'instal·larà un parallamps d'òxid metàl·lic el més a prop possible del CT i es connectarà a terra mitjançant cable nu.

El CT disposarà de posada a terra pròpia i independent a la de l'edifici i s'hi connectaran les masses metàl·liques tant de baixa com de mitja tensió. Quan la tensió de defecte sigui superior a 1000 V, el neutre, que també haurà d'estar connectat a la presa de terra, haurà de disposar d'un elèctrode de PaT propi, separat del del transformador. La distància mínima entre elèctrodes serà la següent:

$$D = \frac{\delta \cdot I_d}{\pi \cdot 2 \cdot U_i}$$

[3.2]

On:

D és la distància entre elèctrodes de PaT del CT, en m.

I_d és la intensitat de defecte, en A.

δ és la resistivitat del terreny, en $\Omega \cdot m$.

$U_i = 1000 \text{ V}$

En cas de que s'hagués de fer una PaT separada del neutre, l'elèctrode de PaT d'aquesta hauria de tenir una resistència de 25 Ω per ser la tensió de la xarxa de 25 kV.

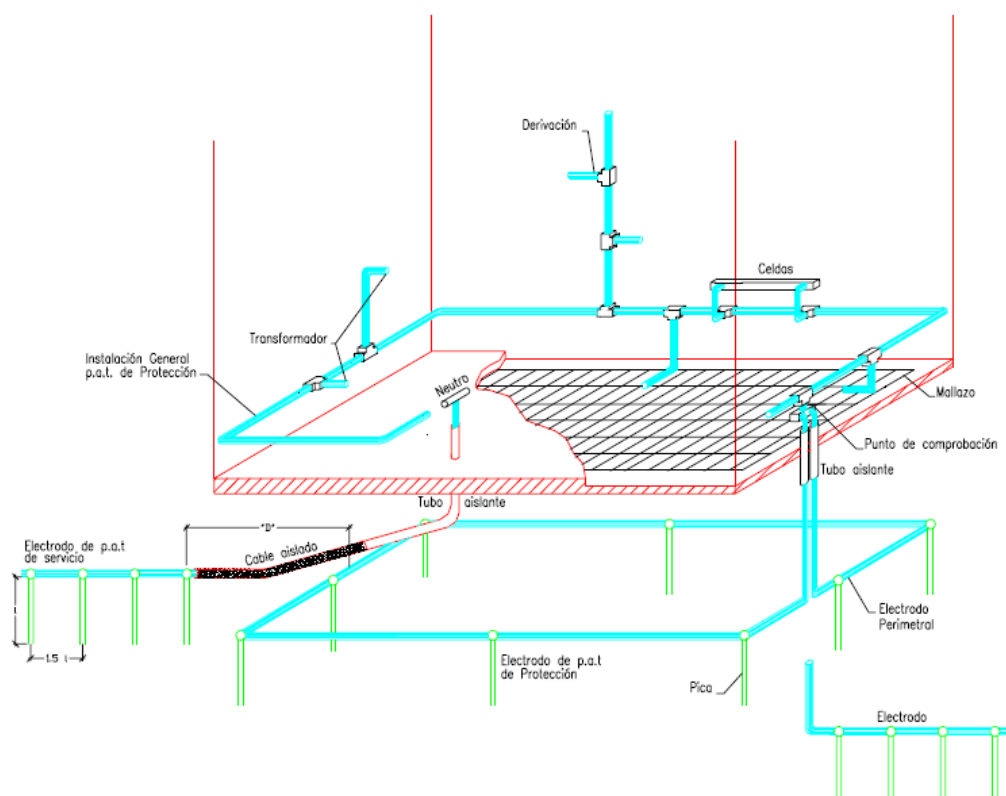


Figura 3.1 – Esquema de les posades a terra del CT.

Igualment que a la posada a terra de l'edifici, la posada a terra del centre de transformació es realitzarà mitjançant cable de 50 mm² de Cu nu tot i que en el cas de la PaT del neutre, caldrà aïllar elèctricament el tram que va del neutre del transformador fins a l'electrode de terra amb aïllament de 10 kV.

3.2. NTP-IEMT

A les següents figures, 3.2 i 3.3, extreïes de la norma tècnica particular corresponent a instal·lacions d'enllaç en mitja tensió, es determinen els esquemes modular i unifilar de la instal·lació elèctrica aigües amunt del centre de transformació, on s'hi inclouen els sistemes de seccionament, protecció i mesura, ja que l'electricitat es contractarà en mitja tensió.

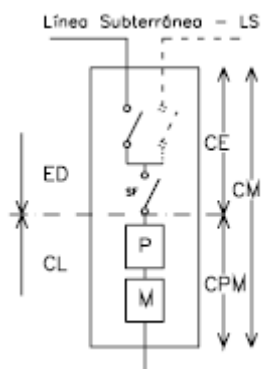


Figura 3.2 – Esquema modular aigües amunt del CT del centre de protecció i mesura.

Veient l'esquema modular, a la figura 3.2, s'observa que l'alimentació vindria per via subterrània i que el primer mòdul seria el centre d'entrega, que inclouria el seccionador de separació de l'automàtic (B.3 a la figura 3.3). Seguidament, el mòdul de protecció inclouria els següents elements: l'interruptor automàtic (B.4), els transformadors d'intensitat captadors de protecció (B.5), l'equip de protecció contra sobreintensitats (D.2) i un transformador per als equips de comunicació i serveis auxiliars (D.1). Finalment, al mòdul de mesura disposaria d'un transformador de tensió i un altre d'intensitat (C.1 i C.2 respectivament) per alimentar als comptadors d'energia i la regleta de verificació (C.5). Abans d'arribar al CT encara hi hauria els interruptors d'apertura en càrrega del client i del transformador (B.6 i E.1 respectivament), units pel cable del centre de mesura (B.7).

A continuació, es representa l'esquema unifilar de la instal·lació elèctrica en mitja tensió amb els elements especificats al paràgraf anterior:

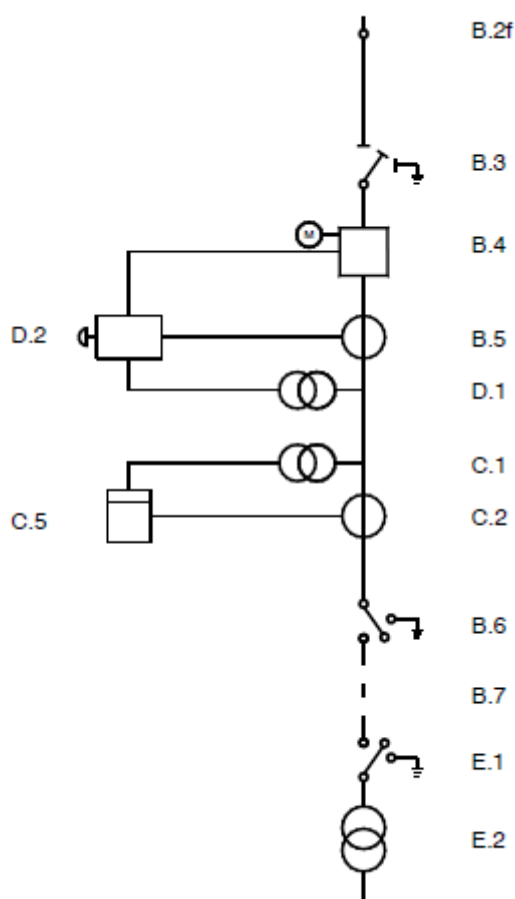


Figura 3.3 – Esquema unifilar aigües amunt del CT del centre de protecció i mesura.

3.2.1. Proteccions de la línia de mitja tensió

A diferència de qualsevol instal·lació interior, quan la contractació es realitza a través de mitja tensió, segons el punt 11.3 de la NTP-IEMT, la protecció contra sobreintensitats a instal·lar al centre de protecció i mesura es realitzarà mitjançant un

interruptor automàtic que a la vegada, farà la funció d'interruptor de control de potència. Per tant, aquest haurà de calcular-se d'acord amb la potència contractada i caldrà revisar-lo a cada modificació que es faci en el contracte amb la companyia. A més a més, haurà de respectar els criteris de selectivitat de manera que un fallo aigües a ball del CT no produeixi en cap cas, l'accionament de l'interruptor automàtic de mitja tensió.

3.3. Centre de transformació escollit

Finalment, la solució escollida és la d'un CT en edifici prefabricat de formigó, destinat només a albergar el transformador, el qual tindrà una potència nominal de 630 kVA.

Tot i que la potència instal·lada de la instal·lació elèctrica objecte d'aquest projecte és de 257 kW i per tant, un centre de transformació de 400 kVA (també disponible) hagués estat suficient, s'ha decidit instal·lar una potència de 630 kVA donada la previsió d'augmentar no només les càrregues sinó el número de naus a alimentar de la mateixa empresa.

Així, tal i com s'ha justificat anteriorment, mitjançant el programa d'Schneider Electric, Siscet 7.0, s'ha realitzat el projecte de centre de transformació amb les següents característiques:

Taula 3.4 – Característiques principals del centre de transformació.

Temps d'actuació	
Tipus de projecte	Client, mesura en alta tensió
Província	Barcelona
Companyia	FECSA ENDESA
Tipus de local	Edifici prefabricat de formigó
Tensió d'aïllament	36 kV
Tensió al costat de MT (primari)	25 kV
Tensió al costat de BT (secundari)	420 V
Intensitat màxima de defecte	600 A
Aïllament dels transformadors	Oli vegetal
S_n del transformador	630 kVA
ϵ_{cc}	4,5 %
I_{cc2}	20,21 kA
PaT de protecció – UNESA	80-40/8/88
PaT de servei (neutre) – UNESA	5/64

3.3.1. Posades a terra

Tot i que en el projecte del CT es determinent ambdós elèctrodes de PaT de la mateixa configuració a la descrita pel de la PaT del neutre (PaT de servei), s'ha decidit optar per una configuració disposada en forma de quadrat per tal de reduir la superfície que ocuparan els elèctrodes. El projecte ja contempla possibles canvis com aquest, només cal escollir una configuració amb valors de resistència i tensió de pas (k_r i k_p

respectivament) inferiors als de la configuració escollida pel programa. Així, les configuracions dels elèctrodes de les PaT quedaran de la següent manera:

Per a la l'elèctrode de la PaT de protecció s'enterraran en disposició de quadrat de 8 x 4 m i a una profunditat de 0,8 m, 8 piques de 8 m de longitud.

Per a la l'elèctrode de la PaT de servei s'enterraran en fila i a una profunditat de 0,5 m, 6 piques de 4 m de longitud. Aquestes tindran una separació entre elles de 6 m.

En ambdós casos, les connexions es realitzaran mitjançant cable nu amb secció de 50 mm² de coure.

Segons la fórmula 3.2 d'aquest document, utilitzada també al document de càlculs del projecte del centre de transformació, la separació mínima entre els elèctrodes d'ambdues PaT haurà de ser de 35,92 metres.

CAPÍTOL 4: INSTAL·LACIÓ D'IL·LUMINACIÓ

En aquest capítol es determinaran tots els receptors elèctrics destinats a la il·luminació del conjunt de la nau industrial. Es tindrà una especial cura de l'eficiència energètica d'aquests sense perdre de vista la importància d'una bona il·luminació a l'espai de treball, per aconseguir un màxim rendiment dels treballadors així com per garantir-ne la seva seguretat.

El càlcul de la instal·lació d'il·luminació es realitzarà amb l'ajuda del software *DialLux*, un programa molt potent que permetrà preveure el nombre de receptors que caldrà instal·lar per tal de complir amb els límits establerts per les normatives corresponents.

4.1. Justificació de la tecnologia escollida

Pel que fa l'eficiència energètica, s'ha decidit instal·lar il·luminació amb tecnologia LED, la qual es troba en un *boom* de creixement gràcies a les millores tecnològiques que ha sofert els últims anys i la normalització dels preus.

L'ús d'aquesta tecnologia es preveu que permeti un gran estalvi energètic i en conseqüència, també econòmic, fets que, com és previsible, es deuen a que els receptors LED tenen menors consums que els d'incandescència, al·lògens o de descàrrega, però també a un altre aspecte que cal tenir en compte: un factor de potència de gran qualitat, superior a 0,9, que no només contribueix a la disminució del consum de potència, en aquest cas reactiva, sinó que a més a més, fa que disminueixin al factor de potència final de la indústria i això es vegi recompensat a la factura elèctrica.

4.2. Normativa aplicable

- Codi tècnic d'edificació:
 - Secció SU 4 – Seguretat contra el risc causat per il·luminació inadequada: Sobre la il·luminació mínima de les zones de pas.
 - Secció HE 3 – Eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació.
- UNE 12464.1 (Norma europea sobre la il·luminació per interiors): Sobre la qualitat requerida de la il·luminació en funció del tipus d'activitat.

4.3. Qualitat de la il·luminació

Coneixent les normatives que cal aplicar a aquest projecte, es pot prosseguir a determinar la qualitat mínima de la instal·lació de il·luminació per a cada sala de la nau objecte d'aquest.

De la taula 1.1 de la secció 4 del Document Bàsic de Seguretat d'Ús (4.1 d'aquest document) s'obtenen els límits d'il·luminació mínima de les zones de circulació en funció de si són per a persones i/o per a vehicles i de si es troben a l'interior o a l'exterior:

Taula 4.1 – Il·luminació mínima de les zones de circulació.

Descripció		Il·luminació mínima [lux]	
Interior	Exclusiva per a persones	Escales	10
		Resta de zones	5
	Per a vehicles o mixtes		10
Exterior	Exclusiva per a persones	Escales	75
		Resta de zones	50
	Per a vehicles o mixtes		50

A més a més, en aquest mateix punt número 1.1 s'estableix que el factor d'uniformitat mitjana, corresponent a la relació entre el nivell d'il·luminació més baix del local i el seu valor mig (E_{\min}/E_m), ha de ser del 40% com a mínim.

Seguidament, al punt 2.1 de la secció 2 del Document Bàsic d'estalvi d'energia, se n'extreu la fórmula emprada per al càlcul del valor d'eficiència energètica de la instal·lació d'il·luminació de cada zona (VEEI):

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

[4.1]

On: VEEI = Eficiència energètica de la instal·lació [W/m^2].

P = Potència total instal·lada en làmpades més equips auxiliars [W].

S = Superfície il·luminada [m^2].

E_m = Il·luminació mitjana horitzontal mantinguda [lux].

I a la taula 2.1 d'aquest mateix punt (4.2 en aquest document), els valors límit d'eficiència energètica de les diferents zones en funció de l'activitat que s'hi desenvolupa:

Taula 4.2 – Nivell d'eficiència energètica de la instal·lació d'il·luminació segons CTE.

Zones d'efectivitat diferenciada	VEEI límit [W/m^2]	
	Zona de no-representació	Zona de representació
Administratiu en general	3,5	6
Laboratoris	4,0	-
Zones comunes	4,5	10
Magatzems	5	-
Aparcaments	5	-
Altres	4,5	10

La diferència entre zona de no-representació i zona de representació rau en la importància que es vulgui donar a l'efecte que la il·luminació causi sobre els treballadors o clients. Les zones de representació li donarien un paper principal i s'utilitzaria en espais com supermercats, museus, sales expositores, oficines, etc.

En el cas de la planta 1 principalment, on es realitza la recepció de clients i proveïdors d'especial interès i a més a més, hi ha molts treballadors que estan durant tota la jornada laboral davant una pantalla d'ordinador, es prendrà com a consideració de zona de representació, molt especialment en aquells habitacles on la normativa europea és més exigent pel que fa a la qualitat de la il·luminació.

Finalment, el darrer document que afecta a aquest projecte és la UNE 12464.1, el qual pretén unificar els requisits que ha de complir una instal·lació d'il·luminació adequada, els quals es resumeixen en:

- Confort visual, de manera que els treballadors tinguin una sensació de benestar.
- Prestacions visuals, de manera que els treballadors puguin realitzar les tasques que els són encomanades encara que sigui durant llargs períodes de temps.
- Seguretat.

Aquesta normativa, proporciona els valors mínims de qualitat lumínica de cada sala, en funció de l'activitat que s'hi desenvolupa. Aquesta qualitat s'assegura mitjançant els següents indicadors:

- Nivell d'il·luminació mitjana mantinguda (E_m): Es tracta del flux lluminós incident [lumen] per unitat de superfície:

$$E_m[\text{lux}] = \frac{\Phi [\text{lumen}]}{S[\text{m}^2]}$$

[4.2]

- Índex d'enlluernament unificat (UGR): Segons es defineix al CTE, es tracta de l'índex d'enlluernament molest. És una magnitud adimensional que varia en funció de la configuració geomètrica de la sala en qüestió (alçada de les llums, apantallaments, alçada del pla de treball, etc.)
- Índex de rendiment de colors (Ra): Es refereix a la capacitat de reproduir els colors, prenent com a referència la llum del sol i es mesura en percentatge.

Definits els paràmetres de qualitat de la il·luminació, caldrà extreure'n els valors mínims (E_m i Ra) i màxims (UGR_L) de les taules de la norma UNE esmentada. Així, aquests són els requisits de qualitat que haurà de complir la instal·lació d'il·luminació en cada una de les sales de la nau industrial:

Taula 4.4 – Requisits de qualitat lumínica de la instal·lació d'il·luminació.

Habitacle	S [m ²]	VEEI[W/m ²]	E _m [lux]	UGR _L	Ra
Planta baixa - Taller					
Escales d'emergència	14,6	4,5	150	25	40
Escales d'entrada	18,3	4,5	150	25	40
Laboratori	66,9	4,0	500	19	80
Lavabo menjador	1,4	4,5	200	25	90
Lavabos taller	6,8	4,5	200	25	90
Magatzem	100,9	5	200	25	60
Menjador	101,8	4,5	200	22	80
Oficina tècnica	130,3	3,5	500	19	80
Pàrquing	1242,9	5	75	25	20
Taller	931	5	300	22	60
Traster	137,1	5	200	25	60
Vestíbul taller	6,4	4,5	200	22	80
Vestidor	117,8	4,5	200	25	90
Planta 1 - Oficines					
Administració	62,8	3,5 - 6	500	19	80
Arxiu	7,2	5	300	19	80
Arxiu RR.HH	28,7	5	300	19	80
Cap de compres	14,6	3,5 - 6	500	19	80
Cap de vendes nacionals	11,8	3,5 - 6	500	19	80
Cap d'exportació	15	3,5 - 6	500	19	80
Consell d'administració 1	16,3	3,5 - 6	500	19	80
Consell d'administració 2	16,3	3,5 - 6	500	19	80
Consell d'administració 3	14,7	3,5 - 6	500	19	80
Departament comercial nacional	15	3,5 - 6	500	19	80
Departament de compres	30,4	3,5 - 6	500	19	80
Departament de producció	23,1	3,5 - 6	500	19	80
Departament de vendes	11,8	3,5 - 6	500	19	80
Departament d'informàtica	14	3,5 - 6	500	19	80
Direcció general	33,8	3,5 - 6	500	19	80
Disseny i màrqueting	23	3,5 - 6	500	19	80
Distribuïdors	173,7	4,5 - 10	150	25	40
Escales d'entrada	18,3	4,5 - 10	150	25	40
Escales d'emergència	14,6	4,5 - 10	200	22	80
Exportació i vendes nacionals	86,9	3,5 - 6	500	19	80
Lavabo 1	3,6	4,5 - 10	200	25	90
Lavabo 2	8,3	4,5 - 10	200	25	90
Lavabo 3	10,1	4,5 - 10	200	25	90
Lavabo visites	3,0	4,5 - 10	200	25	90
Màrqueting	44,6	3,5 - 6	500	19	80
Material d'oficina	8,6	5	300	19	80
Menjador	28,7	4,5 - 10	200	22	80
Recepció	42,1	3,5 - 6	300	22	80
Recursos humans	32,3	3,5 - 6	500	19	80
Sala de neteja	9,0	4,5 - 10	200	25	60
Sala de <i>plotters</i>	27,3	4,5 - 10	300	19	80

Sala de reunions 1	46,5	3,5 - 6	500	19	80
Sala de reunions 2	7,8	3,5 - 6	500	19	80
Sala de visites 1	8,2	3,5 - 6	500	19	80
Sala de visites 2	6,6	3,5 - 6	500	19	80
Sala de visites 3	11,6	3,5 - 6	500	19	80
Servidor	19,0	4,5 - 10	200	25	80
Traster	2,3	5	200	25	80
Vestíbul	31,9	4,5 - 10	200	22	80

4.4. Mètode de càlculs justificatius

El mètode que s'ha seguit per al càlcul de les làmpades necessàries per a cada habitacle ha estat l'ús del software *DIALux*. En aquest programa, s'han hagut de representar cada una de les diferents habitacions que conformen la nau industrial.

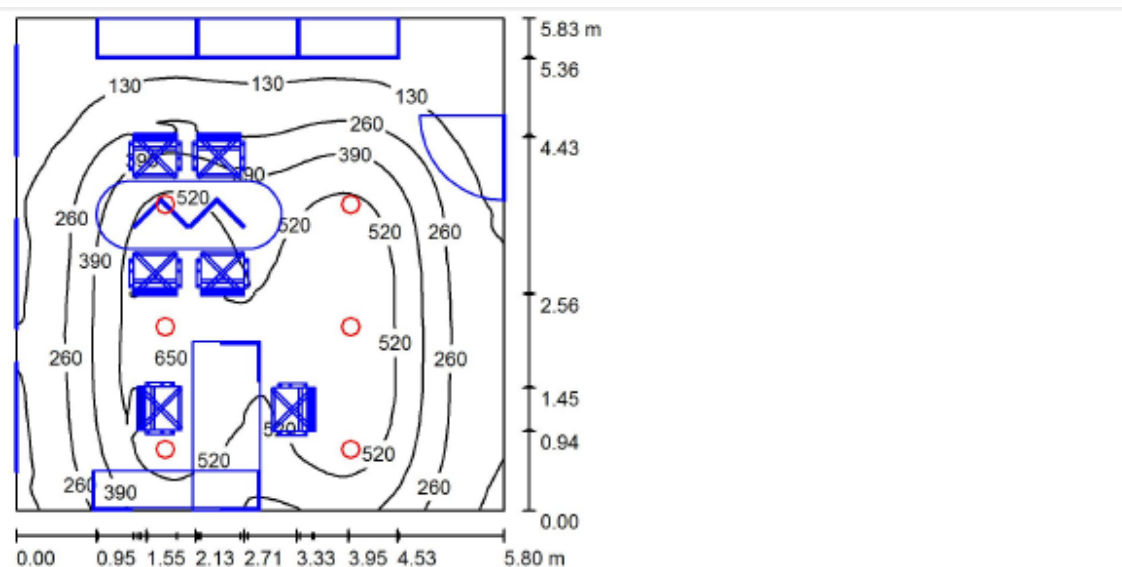
El primer pas doncs, consisteix en definir els paràmetres de l'habitacle, començant per les parets, definint-ne la textura i el color, decisius per als resultats finals ja que d'ells en depèn l'índex de reflexió de les parets. En aquest cas s'ha determinat en un 76% per a totes les parets. A més a més, a les parets se'ls poden incloure portes i finestres i finalment, es pot moblar l'habitació. Aquest últim pas genera ombres que disminueixen molt el grau d'uniformitat exigida pel CTE i en conseqüència, dificulten i allarguen molt els càlculs de manera que s'ha decidit moblar només el despatx de direcció general, habitació que s'ha pres com a exemple de càlcul.

Una vegada definida l'habitació, cal trobar la làmpada que per la seva configuració luminotècnica, s'adapti millor a les condicions d'aquesta (alçada del punt de llum, nivell d'il·luminació exigida, etc.) tenint en compte que existeix un límit de potència per m² i les exigències de la normativa europea.



Figura 4.1 – Captura de pantalla del despatx de direcció general.

Trobada la configuració de receptors òptima per al cas concret, cal comprovar que els resultats luminotècnics es trobin dins dels límits de les diferents normatives d'aplicació, especificades anteriorment:



Altura del local: 2.550 m, Factor manteniment: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:75

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	338	16	657	0.046
Suelo	20	221	12	514	0.054
Techo	70	82	36	140	0.440
Paredes (4)	76	88	6.68	382	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

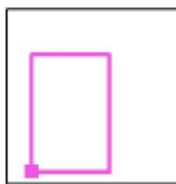
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS DN570B 1xLED20S/840 C (1.000)	2200	2200	19.8
Total:			13200	13200	118.8

Valor de eficiencia energética: $3.51 \text{ W/m}^2 = 1.04 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 33.81 m^2)

Figura 4.2 – Captura de pantalla dels resultats luminotècnics generals despatx de direcció general.

A la figura 4.2 s'observa que no es compleix el requisit de nivell d'il·luminació (que és de 500 lx per a aquest cas), degut a que el nivell d'eficiència energètica de no-representació és de $3,5 \text{ W/m}^2$, ni el d'uniformitat, degut a les ombres generades pels mobles com s'ha comentat anteriorment. Així doncs, es pretenen complir aquests valors a les superfícies de treball del despatx, en aquest cas, les dues taules:

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado:
(6.700 m, 21.300 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]
517

E_{min} [lx]
230

E_{max} [lx]
658

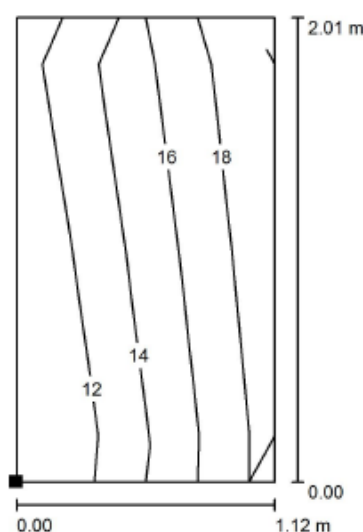
E_{min} / E_m
0.444

E_{min} / E_{max}
0.349

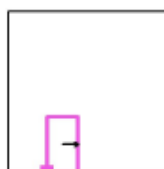
Figura 4.3 – Captura de pantalla dels resultats luminotècnics a la superfície de treball que engloba ambdues taules del despatx de direcció general.

S'observa a la superfície de treball de treball sí que es compleixen els paràmetres esmentats.

Finalment, per comprovar que l'índex d'enlluernament unificat és el correcte, es genera un altre superfície de càlcul, en aquest cas a l'alçada d'on es preveu que se situaran els ulls de la persona que treballarà en aquest despatx. A la figura 4.4 es pot comprovar que és inferior a 19, que és el màxim per a aquest cas:



Situación de la superficie en el local:
Punto marcado:
(7.283 m, 20.890 m, 1.500 m)



Trama: 2 x 2 Puntos

Min
12

Escala 1 : 25

Max
18

Figura 4.4 – Captura de pantalla dels resultats d'UGR de la superfície de treball del despatx de direcció general.

L'índex de rendiment de colors (Ra) que és el paràmetre que falta comentar, és inherent a la làmpada i per tant, cal escollir-les tenint en compte els límits d'Ra establerts per la UNE.

4.5. Receptors escollits

Mitjançant un software per simular els diferents paràmetres d'il·luminació interior, concretament el *DIALux*, s'han determinat el tipus, nombre i potència de les làmpades que garantiran una qualitat d'il·luminació adequada per a cada sala de la nau:

Taula 4.5 –Relació de Làmpades a instal·lar per habitacle.

Habitacle	S [m ²]	Model	Un.	P [W]	P _{tot} [W]	VEEI [W/m ²]
Escales d'emergència	14,6	DN570B	3	12,6	37,8	2,58
Escales d'entrada	18,3	DN570B	4	12,6	50,4	2,76
Laboratori	66,9	BPS680	12	46	552	8,25
Lavabo menjador	1,4	DN570B	1	12,6	12,6	8,91
Lavabos taller	6,8	DN570B	4	12,6	50,4	7,74
Magatzem	100,9	BPS680	10	46	460	4,55
Menjador	101,8	DN570B	19	12,6	239,4	2,35
Oficina tècnica	130,3	DN570B	4	19,8	751,2	5,74
		DN570B	28	24		
Pàrquing	1242,9	TMS022	76	37,5	2850	2,29
Taller	931	BY471P	24	158	3792	4,08
Traster	137,1	BY471P	3	158	474	3,47
Vestíbul taller	6,4	DN570B	3	12,6	37,8	5,92
Vestidor	117,8	DN570B	21	12,6	264,6	2,23
Administració	62,8	DN570B	4	12,6	254,4	4,05
		DN570B	8	25,5		
Arxiu	7,2	DN570B	2	12,6	25,2	3,49
Arxiu RR.HH	28,7	DN570B	2	19,8	39,6	4,01
Cap de compres	14,6	DN570B	4	19,8	79,2	5,41
Cap de vendes nacionals	11,8	DN570B	2	12,6	64,8	5,58
		DN570B	2	19,8		
Cap d'exportació	15	DN570B	4	19,8	79,2	5,28
Consell d'administració 1	16,3	DN570B	2	12,6	64,8	3,98
		DN570B	2	19,8		
Consell d'administració 2	16,3	DN570B	2	12,6	64,8	3,98
		DN570B	2	19,8		
Consell d'administració 3	14,7	DN570B	2	12,6	64,8	4,32
		DN570B	2	19,8		
Departament comercial nacional	15	DN570B	2	12,6	76,2	5,12
		DN570B	2	25,5		
Departament de compres	30,4	DN570B	6	25,5	153	5,03
Departament de producció	23,1	DN570B	6	19,8	118,8	5,15
Departament de vendes	11,8	DN570B	2	12,6	64,8	5,33
		DN570B	2	19,8		

Departament d'informàtica	14	DN570B	2	12,6	64,8	4,66
		DN570B	2	19,8		
Direcció general	33,8	DN570B	6	19,8	118,8	3,51
Disseny i màrqueting	23	DN570B	6	19,8	118,8	5,18
Distribuïdors	173,7	DN570B	42	12,6	529,2	3,33
Distribuïdors consell d'admin.	16,0	DN570B	5	12,6	63	3,81
Escales d'entrada	18,3	DN570B	4	12,6	50,4	2,75
Escales d'emergència	14,6	DN570B	3	12,6	37,8	2,58
Exportació i vendes nacionals	86,9	DN570B	18	25,5	459	5,37
Lavabo 1	3,6	DN570B	2	12,6	25,2	6,99
Lavabo 2	8,3	DN570B	4	12,6	50,4	5,81
Lavabo 3	10,1	DN570B	5	12,6	63	6,26
Lavabo visites	3,0	DN570B	1	12,6	12,6	3,67
Màrqueting	44,6	DN570B	12	19,8	237,6	5,2
Material d'oficina	8,6	DN570B	2	12,6	25,2	2,93
Menjador	28,7	DN570B	6	12,6	75,6	2,63
Recepció	42,1	DN570B	6	19,8	118,8	2,82
Recursos humans	32,3	DN570B	6	25,5	153	4,75
Sala de neteja	9,0	DN570B	2	12,6	25,2	2,79
Sala de <i>plotters</i>	27,3	DN570B	4	19,8	79,2	2,9
Sala de reunions 1	46,5	DN570B	9	25,5	229,5	4,93
Sala de reunions 2	7,8	DN570B	2	25,5	51	5,35
Sala de visites 1	8,2	DN570B	2	19,8	39,6	5,96
Sala de visites 2	6,6	DN570B	3	19,8	59,4	5,13
Sala de visites 3	11,6	DN570B	2	24	48	5,78
Servidor	19,0	DN570B	4	12,6	50,4	2,65
Traster	2,3	DN570B	1	12,6	12,6	3,23
Vestíbul	31,9	DN570B	9	12,6	113,4	3,45
Total	3875,7		442		13.633,3	4,32

Taula 4.6 –Resultats luminotècnics.

Habitacle	S [m ²]	E _m [lux]	E _{min} /E _m
Escales d'emergència	14,6	222	0,483
Escales d'entrada	18,3	238	0,488
Laboratori	66,9	540	0,443
Lavabo menjador	1,4	399	0,806
Lavabos taller	6,8	484	0,667
Magatzem	100,9	224	0,580
Menjador	101,8	215	0,415
Oficina tècnica	130,3	521	0,314
Pàrquing	1242,9	99	0,584
Taller	931	374	0,549
Traster	137,1	242	0,455
Vestíbul taller	6,4	332	0,494
Vestidor	117,8	209	0,446

Administració	62,8	531	0,490
Arxiu	7,2	304	0,776
Arxiu RR.HH	28,7	349	0,454
Cap de compres	14,6	473	0,790
Cap de vendes nacionals	11,8	539	0,700
Cap d'exportació	15	511	0,759
Consell d'administració 1	16,3	518	0,678
Consell d'administració 2	16,3	518	0,678
Consell d'administració 3	14,7	568	0,712
Departament comercial nacional	15	533	0,684
Departament de compres	30,4	535	0,775
Departament de producció	23,1	520	0,752
Departament de vendes	11,8	540	0,712
Departament d'informàtica	14	526	0,696
Direcció general	33,8	517	0,444
Disseny i màrqueting	23	508	0,715
Distribuïdors	173,7	264	0,376
Distribuïdors consell d'admin.	16,4	266	0,486
Escales d'entrada	18,3	230	0,550
Escales d'emergència	14,6	222	0,480
Exportació i vendes nacionals	86,9	503	0,656
Lavabo 1	3,6	415	0,505
Lavabo 2	8,3	407	0,447
Lavabo 3	10,1	396	0,449
Lavabo visites	3,0	266	0,445
Màrqueting	44,6	519	0,698
Material d'oficina	8,6	240	0,458
Menjador	28,7	237	0,492
Recepció	42,1	302	0,567
Recursos humans	32,3	501	0,656
Sala de neteja	9,0	230	0,420
Sala de <i>plotters</i>	27,3	335	0,486
Sala de reunions 1	46,5	527	0,678
Sala de reunions 2	7,8	507	0,572
Sala de visites 2	6,6	505	0,628
Sala de visites 3	11,6	507	0,469
Sala visites 1	8,2	517	0,495
Servidor	19,0	229	0,439
Traster	2,3	230	0,596
Vestíbul	31,9	316	0,613

S'observa que en dues habitacions, el grau d'uniformitat no arriba al 40% exigint pel CTE. Aquest fet es deu a que al tractar-se d'estructures geomètriques més irregulars, es creen zones a tocar de les parets amb un nivell d'il·luminació molt baix però que en realitat, no són importants ja que no s'espera que s'hi faci cap activitat ni s'hi circuli.

CAPÍTOL 5: INSTAL·LACIÓ DE PROTECCIÓ CONTRA INCENDIS

En aquest capítol es determinaran els elements necessaris per tal d'aconseguir un grau suficient de seguretat en cas d'incendi.

El capítol quedarà dividit en dos grans apartats ja que, tal com es justificarà a continuació, la nau objecte d'aquest projecte quedarà legislada per dos reglaments clarament diferenciats en funció del tipus d'habitatges i del seu ús.

5.1. Normativa aplicable

Així, per a aquest projecte cal tenir en compte els següents reglaments:

- Reglament de seguretat contra incendis en els establiments industrials (Reial Decret 2267/2004 de 3 de desembre, publicat al BOE 303 de 17-12-2004), d'ara endavant RSCIEI.

Tota la nau està afectada per aquesta normativa excepte les oficines de la planta superior, per tractar-se d'una zona administrativa de més de 250 m² i la nau destinada a pàrquing, ja que es tracta d'un sector d'incendi totalment aïllat i per tant, no es considera que entri en les definicions de l'article 3, que es veu a continuació.

L'aplicació d'aquest reglament es justifica per l'article 2, sobre l'àmbit d'aplicació: *Les indústries, tal com es defineixen a l'article 3.1 de la Llei 21/1992, de 16 de juliol, d'indústria i els tallers de reparació i els estacionaments de vehicles destinats al servei de transport de persones i transport de mercaderies.*

En aquesta llei es defineix de la següent manera una indústria: *Es consideren indústries, als efectes d'aquesta Llei, les activitats dirigides a l'obtenció, reparació, manteniment, transformació o reutilització de productes industrials, l'envasatge i embalatge, així com l'aprofitament, recuperació i eliminació de residus o subproductes, sigui quina sigui la naturalesa dels recursos i processos tècnics utilitzats.*

- Codi tècnic de l'edificació (Reial Decret 314/2006 de 17 de març, publicat al BOE 22 de 25-01-2008). Concretament el document bàsic de seguretat en cas d'incendi, d'ara endavant SI.

En aquest cas, tant les oficines de la primera planta com el pàrquing estan afectades per aquesta normativa tal i com s'ha justificat anteriorment i segons l'article 3 del RSCIEI, sobre compatibilitat reglamentària: *Quan en un establiment industrial coexisteixen amb l'activitat industrial altres usos amb la mateixa titularitat, per als quals és aplicable la Norma bàsica de l'edificació: condicions de protecció contra incendis, o una normativa equivalent, els requisits que han de satisfer els espais d'ús no industrial són els que exigeix la normativa esmentada quan superen els límits indicats a continuació:*

b) Zona administrativa: superfície construïda superior a 250 m².

A més a més, el Reglament d'Instal·lacions de Protecció Contra Incendis (RIPCI), aprovat pel real decret 1942/1993, de 5 de novembre, defineix amb més exactitud les característiques tècniques que hauran de complir les instal·lacions de protecció contra incendis exigides per ambdós reglaments.

5.2. RSCIEI

La relació d'habitacles afectats per aquesta normativa, segons s'ha justificat al paràgraf anterior, és la següent:

Taula 5.1 – Habitacles afectats pel RSCIEI.

Descripció	Superfície útil [m ²]
Menjador	101,8
Vestíbul taller	6,4
Lavabos taller	6,8
Lavabo menjador	1,4
Taller	931,0
Traster	137,1
Magatzem	100,9
Oficina tècnica	130,3
Laboratori	66,9
Vestidor	117,8

5.2.1. Caracterització de l'establiment

El reglament de seguretat contra incendis en establiments industrials classifica aquests en funció de la configuració i ubicació amb relació al seu entorn i en funció del nivell de risc intrínsec.

En aquest cas, la classificació segons la ubicació del taller seria del **tipus A** per tractar-se d'un recinte industrial que ocupa parcialment una nau industrial. El resto de la nau industrial està destinada a oficines i aparcament, els quals ja s'ha justificat anteriorment que no s'inclouen en l'àmbit d'aplicació d'aquest reglament.

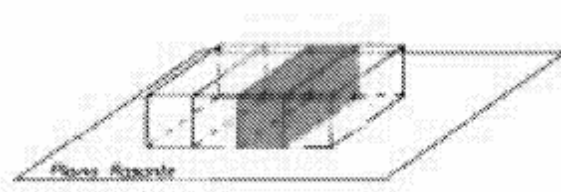


Figura 5.1. – Tipus d'establiment segons la ubicació (RSCIEI)

A partir d'aquesta configuració, cal determinar els sectors d'incendi d'aquesta nau ja que a cadascun d'ells li correspon un nivell de risc intrínsec segons es justifica posteriorment. Per a aquesta configuració, del tipus A, es defineix sector d'incendi de la següent manera: *Espai de l'edifici tancat per elements resistents al foc durant el temps que s'estableixi en cada cas.*

Segons aquesta, cal reduir el nombre de sectors d'incendi respecte el nombre d'habitacles, definits a la taula 5.1, ajuntant aquells que es comuniquen entre ells per algun espai obert i que per tant, no es troben aïllats del foc entre si. Notis que també s'ajunten habitacles que si que podrien constituir sector d'incendi però que disposen d'una quantitat nul·la o pràcticament nul·la de material inflamable, com és el cas dels lavabos i del distribuïdor:

Taula 5.2 – Sectors d'incendi de la nau segons RSCIEI.

Sector d'incendi	Habitacle	Superfície [m ²]
Sector d'incendi 1 – Taller 1182,2 m²	Distribuïdor taller	6,4
	Lavabos taller	6,8
	Taller	931,0
	Traster	137,1
	Magatzem	100,9
Sector d'incendi 2 – Menjador 103,2 m²	Menjador	101,8
	Lavabo menjador	1,4
Sector d'incendi 3 - Oficina tècnica 130,3 m²	Oficina tècnica	130,3
Sector d'incendi 4 – Laboratori 66,9 m²	Laboratori	66,9
Sector d'incendi 5 – Vestidor 117,8 m²	Vestidor	117,8

Definits els sectors d'incendis, cal classificar-los en funció del seu nivell de risc intrínsec. Aquest depèn de la densitat de càrrega de foc, ponderada i corregida, la qual es pot calcular seguint diversos mètodes segons contempla el reglament.

Per a aquest cas en concret es decideix utilitzar-ne dos de diferents: en primer lloc s'extreu el valor de la densitat de càrrega de foc de la taula 1.2 de l'annex I quan sigui possible, per què hi apareix l'activitat del sector d'incendi. Donat que es tracta d'un taller principalment destinat a la metal·lúrgia i per tant, sense materials excessivament inflamables, no es considera utilitzar mètodes més exhaustius. Per altra banda, àrees d'incendi com el menjador, en les que no es realitzen activitats contemplades a la taula esmentada, es decideix utilitzar la fórmula del primer mètode de càlcul de la densitat de càrrega de foc:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i G_i \cdot q_i \cdot C_i}{A} \cdot K \cdot R_a$$

[5.1]

On: Q_s = Densitat de càrrega de foc, ponderada i corregida [MJ/m²].

G_i = Massa de cadascun dels combustibles [Kg].

q_i = Poder calorífic de cadascun dels combustibles [MJ/m²].

C_i = Coeficient de combustibilitat de cada combustible [adimensional].

R_a = Coeficient del grau de perillositat per activació [adimensional].

A = Superfície del sector d'incendi [m^2].

En aquest cas, cal utilitzar la fórmula per al menjador, on s'ha tingut en compte el següent: El mobiliari consta bàsicament de dos armaris de doble porta (70 kg/u), un moble amb pica (150 kg) i dues taules (120 kg/u) amb les seves 6 cadires (5 kg). Això pel que fa a elements de fusta, el resto d'elements són principalment metàl·lics, amb poder calorífic negligible com el televisor, la nevera i 2 microones. El poder calorífic de la fusta és de 16,7 MJ/kg (taula 1.4, annex 1).

A més a més, els coeficients de perillositat per combustibilitat i activació es prenen com a 1,0 per tractar-se d'elements sòlids amb temperatura d'ignició superior a 200 °C (taula 1.1 de l'annex 1) i estar en una habitació sense activitat industrial amb especial risc d'incendi.

Obtingudes les densitats de càrrega de foc, es pot determinar el nivell de risc intrínsec a cada sector d'incendi mitjançant la taula 1.3 de l'annex I:

Taula 5.3 – Nivell de risc intrínsec per a cada sector d'incendi.

Sector d'incendi	Activitat (taula 1.2)	Q_s [MJ/m ²]	R_a	Nivell de risc intrínsec
1 Taller	Tallers mecànics	200	1,0	Baix 2
2 Menjador	Fórmula 5.1	90,6	1,0	Baix 1
3 Oficina tècnica	Oficina tècnica	600	1,0	Mitjà 5
4 Laboratori	Lab. De física o metal·lúrgic	200	1,0	Baix 2
5 Vestidor	Guarda-roba, armaris de fusta	80	1,0	Baix 1

5.2.2. Requisits de les instal·lacions de protecció contra incendis

Una vegada determinats i classificats tots els sectors d'incendi així com el tipus d'establiment industrial, es prossegueix a determinar quins seran els aspectes mínims que haurà de complir aquest. Per a tal efecte, el RSCIEI compta amb els annexos II i III que corresponen als aspectes constructius i als requisits de les instal·lacions de protecció contra incendis respectivament. Com es dedueix del títol d'aquest apartat, es decideix no entrar en aspectes constructius de la nau industrial ja que el projecte arquitectònic d'aquesta no forma part de l'abast d'aquest projecte i per tant, es considera que l'equip tècnic corresponent és el que s'encarregarà que la nau compleixi amb tots els punts d'e l'annex II.

A continuació, s'analitza sistema per sistema, els punts d'aquest annex que afecten a algun dels sectors d'incendi de la nau:

- **Sistemes automàtics de detecció:**
 - Activitats de producció, muntatge transformació i reparació quan estan ubicats en edificis del tipus A i tenen una superfície superior a 300 m².

Cal instal·lar sistemes automàtics de detecció als sectors d'incendi següents:

Taller mecànic.

Seguint les recomanacions tècniques de la NTP 40, s'instal·laran un mínim de 1 detector per cada 30 m² de manera que el nombre mínim queda fixat en 40 detectors. El detector escollit és analògic i amb tecnologia híbrida de detecció tèrmica i òptica.

- **Sistemes manuals d'alarma d'incendi:**
 - Activitats de producció, muntatge transformació i reparació quan tenen una superfície superior a 1000 m².

Cal instal·lar sistemes automàtics de detecció als sectors d'incendi següents:

Taller mecànic.

Cal instal·lar un polsador d'alarma al costat de cada porta d'evacuació del sector d'incendi i la màxima distància a recórrer per a polsar-ne un des de qualsevol punt d'aquest serà de 25 m.

- Sistemes de comunicació d'alarma:

En aquest cas no és necessari instal·lar sistemes de comunicació d'alarma per no superar el límit de 10.000 m² de superfície entre tots els sectors d'incendi.

- **Sistemes de proveïment d'aigua contra incendis:**

Caldrà instal·lar un sistema de proveïment d'aigua contra incendis per donar servei a la BIE i els hidrants exteriors, la instal·lació dels quals es justifica seguidament.

- **Sistemes d'hidrants exteriors:**

Segons la taula 3.1 de l'annex, caldrà preveure la instal·lació d'hidrants exteriors per al sector d'incendi corresponent al **taller**, per estar situat en un edifici amb configuració del tipus A, tenir un nivell de risc intrínsec Baix 2 i superar els 1.000 m² construïts.

Aquests, cobreixen un radi de 40 m respecte la seva ubicació i la separació mínima entre la façana serà de 5 metres. Així, caldrà instal·lar dos hidrants exteriors dels quals almenys un, el de la porta d'accés, tindrà una sortida de 100 mm.

Finalment, la necessitat d'aigua per als hidrants exteriors seran les següents: cabal mínim de 500 litres per minut i autonomia mínima de 30 minuts.

- **Extintors d'incendi:**
 - S'han d'instal·lar extintors d'incendi portàtils en **tots els sectors** d'incendi.

La quantitat i eficiència mínimes (deduïdes dels diferents apartats del punt 8 de l'annex III del RSCIEI) i l'agent extintor (deduït de la taula I-1 de l'apèndix 1 del RIPCI) dels extintors a instal·lar a cada àrea d'incendi serà la especificada a la taula 5.4 d'aquest document.

Per a la elaboració d'aquesta, s'han hagut de determinar els tipus de foc que es podrien produir a cada àrea d'incendi. Com es pot observar, la classe A és present a totes les àrees d'incendis, ja que totes elles disposen de materials sòlids inflamables que generen brasa, com fusta i paper, roba, etc. A més a més, també es troben les classes D i E al taller i la oficina tècnica respectivament: El foc de classe D es refereix a metalls que tot i que a priori, ohm podria pensar que no són inflamables, sí que ho són quan es troben en forma de llimadures o pols fina. El de tipus E és per a sales d'ordinadors o quadres elèctrics, amb gran presència d'elements electrificats.

Determinades les classes de foc, la taula 3.1 d'aquest annex especifica la quantitat d'extintors a instal·lar i la seva eficàcia en els sectors d'incendi on la classe de foc és del tipus A. A més a més, caldrà que els agents extintors siguin aptes per a incendis del tipus D al taller i que no siguin conductors de la electricitat a l'oficina tècnica.

Taula 5.4. – Relació d'extintors mínims a instal·lar.

Sector d'incendi	Niv. risc	A [m ²]	Classe	Quant.	Eficàcia mín.	Agent extintor
1 Taller	Baix 2	1182,2	A i D	4	21A	Polis seca (ABC)
2 Menjador	Baix 1	103,2	A	1	21A	Polis seca (ABC)
3 Oficina tècnica	Mitjà 5	130,3	A i E	1	21A	Polis seca (ABC)
4 Laboratori	Baix 2	66,9	A	1	21A	Polis seca (ABC)
5 Vestidor	Baix 1	117,7	A	1	21A	Polis seca (ABC)

Adicionalment, s'instal·larà un extintor amb capacitat d'extingir focs de la classe E a les proximitats de cada un dels quadres elèctrics de la nau i als sectors d'incendi amb sales d'ordinadors.

- **Sistemes de boques d'incendi equipades:**
 - Estan ubicats en edificis del tipus A i la superfície de l'àrea d'incendi és de 300 m² o superior.

Cal instal·lar BIE als sectors d'incendi següents:

Taller mecànic.

Les BIE que correspongui instal·lar seran de 25 mm, per traçar-se d'un sector d'incendi amb nivell de risc intrínsec baix.

Segons el RIPCI, les boques d'incendi equipades hauran de complir els següents requisits:

- S'hauran d'instal·lar sobre un suport rígid de manera que l'altura del centre (o de la sortida i la vàlvula d'apertura manual en el cas de les BIE de 25 mm) quedi a un màxim de 1,5 m del terra.
- Sempre que sigui possible, es situaran a un màxim de 5 metres de les sortides de cada sector d'incendi.

- Una BIE té un radi d'acció igual a la longitud de la mànega més 5 metres.
- La separació màxima entre una BIE i la més propera serà de 50 m i la distància entre una BIE i qualsevol punt del sector d'incendi no podrà ser superior a 25 m.

5.3. CTE – SI

Tal i com s'ha justificat anteriorment, hi haurà una sèrie d'habitacles de l'establiment objecte d'aquest projecte que hauran de complir les prescripcions del document de seguretat contra incendis del codi tècnic d'edificació. La relació de zones afectades per aquesta normativa és la següent:

Taula 5.5 – Habitacles afectats pel CTE - SI.

Descripció	Superfície útil [m ²]
Aparcament	1258,69
Zona oficines	1007,27

Aquest reglament, tal i com es defineix a la seva introducció consta de 5 parts principals: propagació interior, propagació exterior, evacuació d'ocupants, instal·lacions de protecció contra incendis, intervenció dels bombers i resistència al foc de l'estructura. Igualment que s'ha fet en el cas anterior, en aquest apartat només es tractaran els aspectes propis de les instal·lacions de protecció contra incendis i evacuació, deixant de banda els apartats relatius als aspectes constructius de la nau ja que es considera que la construcció d'aquesta, no forma part de l'abast d'aquest projecte.

5.3.1. Caracterització de les zones d'incendi

Seguint les indicacions del primer punt d'aquesta secció, especialment les de la taula 1.1, constitueixen sector d'incendi tant l'aparcament, per superar els 100 m² quadrats construïts, com la zona administrativa, la qual podrà constituir un únic sector d'incendi per no superar els 2.500 m² de superfície construïda.

Segons el punt número 2 d'aquesta secció, cap d'aquests dos sectors d'incendi constitueix una zona de risc especial per no constar cap d'ells a la taula 2.1 d'aquest apartat.

5.3.2. Evacuació d'ocupants

Per definir l'ocupació dels diferents sectors d'incendi, cal tenir en compte l'ocupació prevista segons el tipus d'activitat, descrita a la taula 2.1 de la secció 3 del CTE – SI de la qual s'extreu la següent relació d'ocupació:

Taula 5.6 – Ocupació per sector d'incendi.

Descripció	Superfície ocupable [m ²]	Densitat [m ² /pers.]	d'ocupació	Ocupació
Aparcament	1258,7	40		32
Zona oficines	811,9	10		82

S'observa que la superfície amb la que s'ha realitzat el càlcul de l'ocupació de la zona d'oficines és pràcticament 200 m² inferior degut a que s'ha decidit descomptar la superfície corresponent a habitacles que no augmenten l'ocupació d'aquesta zona d'incendi, ja que corresponen a serveis que utilitzaran els ocupants dels diferents espais ocupables com són la sala on s'allotja el servidor informàtic, els sanitaris, el menjador, la sala de neteja i els passadissos distribuïdors.

Només a mode justificatiu, notis que zona d'oficines disposa de dues sortides i la zona destinada a aparcament de 2 abatibles (disposa d'una tercera corredissa que no podrà considerar-se d'evacuació en cas d'incendi segons el punt 6.1 de la secció 3 del SI) , fet que garanteix que el màxim recorregut d'evacuació no superi els 50 metres en cap dels dos casos.

El sector d'incendi corresponent a l'aparcament ha de comptar amb una instal·lació de control de fum d'incendi per no ser considerat aparcament obert, la qual podrà ser de ventilació forçada o natural segons s'escaigui segons el document bàsic HS, sobre salubritat.

5.3.3. Sistemes de detecció, control i extinció d'incendi.

Per determinar els elements de detecció, control i extinció d'incendi cal prendre la taula 1.1 del punt 1 de la secció 4 del DB – SI, d'on s'hauran de complir les condicions generals així com les específiques tant pel sector d'incendi destinat a zona administrativa com el destinat a aparcaments. Així, la instal·lació de protecció contra incendis per aquestes dues sales es dotarà dels següents elements:

Oficines administratives:

- **Extintors portàtils cada 15 m** durant el recorregut d'evacuació, un amb eficàcia mínima de 21A-113B.
- **Sistema manual d'alarma d'incendis** (per excedir dels 1000 m² de superfície construïda). Aquest s'activarà mitjançant pulsadors col·locats de manera que la màxima distància a recórrer des de qualsevol punt del sector d'incendi no superi els 25 metres, d'acord amb les especificacions tècniques del RIPCI.

Aparcament:

- **Extintors portàtils cada 15 m** durant el recorregut d'evacuació, amb eficàcia mínima de 21A-113B.
- **Boca d'incendi equipada de 25 mm** (BIE) (per excedir dels 500 m² construïts).
- **Sistema de detecció d'incendi** (per excedir dels 500 m² construïts). Seguint les recomanacions tècniques de la NTP 40, s'instal·laran un mínim de 1 detector per cada 30 m² de manera que el nombre mínim queda fixat en 42 detectors. El detector escollit és analògic i amb tecnologia híbrida de detecció tèrmica i òptica.

- **Un hidrant exterior** (per estar la superfície construïda compresa entre 1.000 i 10.000 m²). En aquest cas, ja es disposa d'hidrant exterior per al taller i per tant, no caldrà afegir-ne més.

Caldrà senyalitzar totes aquestes dotacions segons s'especifica al punt número 2 d'aquesta secció.

5.4. Instal·lacions de protecció contra incendis

Establerts els requisits mínims de les instal·lacions de protecció contra incendis amb que s'haurà de dotar la nau industrial, cal establir les quantitats definitives sobre els plànols per comprovar que es compleixen totes les restriccions de distàncies. Finalment, es resumeixen els dispositius que caldrà instal·lar a la nau per garantir la seguretat en cas d'incendi:

Taula 5.7 –Dispositius finals de protecció contra incendis.

Sector d'incendi	S [m ²]	Dispositiu	Característiques	Q.	
1	Taller	1182,2	Detector automàtic	Òptic i tèrmic	44
			Polsador d'alarma	-	4
			Extintor	Pols seca 21A + 144B + C	3
				CO ₂	1
				Especial metalls	3
				BIE	DN 25
			Hidrant exterior	-	2
2	Menjador	103,2	Extintor	Pols seca 21A + 144B + C	1
3	Oficina tècnica	130,3	Extintor	Pols seca 21A + 144B + C	2
				CO ₂	2
4	Laboratori	66,9	Extintor	Pols seca 21A + 144B + C	1
5	Vestidor	117,8	Extintor	Pols seca 21A + 144B + C	1
6	Aparcament	1258,7	Detector automàtic	Òptic i tèrmic	42
			Extintor	Pols seca 21A + 144B + C	12
			BIE	DN 25	2
			Hidrant exterior	-	(2)*
7	Oficines	811,9	Polsador d'alarma	-	4
			Extintor	Pols seca 21A + 144B + C	7
				CO ₂	5

* Els hidrants exteriors que utilitza l'aparcament són compartits amb els ja previstos per el sector d'incendi 1, corresponent al taller mecànic.

5.5. Instal·lació d'il·luminació d'emergència

Segons el punt 16.1 del RSCIEI, cal una instal·lació d'il·luminació d'emergència que garanteixi una il·luminació suficient en les vies d'evacuació en cas de fallada elèctrica, en els locals amb ocupació superior a 25 persones o 10 persones en el cas dels sectors d'incendis amb risc intrínsec mitjà o alt. Així, l'oficina tècnica és l'únic sector d'incendi afectat per aquest punt, per tenir un nivell de risc intrínsec mitjà i tenir una ocupació prevista de més de 10 persones. Per al resto de sectors d'incendi, només s'instal·larà un punt de llum a sobre de cada porta.

Segons l'apartat 2.1 del DB-SU 4 del CTE, sobre seguretat contra el risc causat per il·luminació inadequada, caldrà dotar d'il·luminació d'emergència tots els recorreguts d'evacuació i a més a més, el pàrquing, per ser cobert i superar els 100 m² de superfície construïda.

Aquestes lluminàries aniran col·locades a totes les portes existents durant els recorreguts d'evacuació, a les escales (per tal que tots els trams quedin il·luminats directament), als canvis de direcció i a les interseccions entre passadissos.

Les característiques i exigències tècniques determinades per ambdós reglaments és pràcticament igual, essent més restrictiu el CTE. A continuació, es determinen els punts que s'hauran de complir per tots els sectors d'incendi amb instal·lació d'il·luminació d'emergència:

- La instal·lació ha de ser fixa, proveïda de font d'alimentació pròpia i ha d'entrar automàticament en funcionament en cas de fallada d'alimentació, considerant-se aquesta quan la tensió d'alimentació es troba per sota del 70% del seu valor nominal.
- L'autonomia mínima serà de com a mínim una hora.
- En les vies d'evacuació, la il·luminació horitzontal al terra ha de ser de com a mínim 1 lux al llarg de l'eix central i de 0,5 lux a la banda central que compregui la meitat de l'amplada de la via.
- En els punts en què estiguin situats equips de seguretat i instal·lacions de protecció contra incendis d'ús manual, la il·luminació horitzontal ha de ser de com a mínim 5 lux.
- Cal respectar el criteri d'uniformitat del 40% com a mínim.
- Cal considerar nuls els factors de reflexió a les parets i al sostre i considerar el corresponent factor de manteniment corresponent a la brutícia de les lluminàries i l'envelliment d'aquestes.
- L'índex de rendiment cromàtic Ra no serà inferior a 40.

Establertes les condicions tècniques que complirà la instal·lació d'il·luminació d'emergència, es calcula el nombre i col·locació de lluminàries mitjançant el software *Emerlight*, un programa dissenyat expressament per al càlcul d'aquestes instal·lacions. Aquest, determinarà el mínim de lluminàries d'emergència que caldrà instal·lar al llarg dels recorreguts d'emergència per tal de que es compleixin els nivells d'il·luminació i uniformitat determinats anteriorment i els punts de llum necessàries a portes tant intermitges com de sortida i punts d'equips de protecció contra incendi.

El procediment en aquest programa és ràpid i relativament senzill, només cal determinar els límits de l'edifici o sector d'incendi, les portes intermitges, les de sortida, els punts de seguretat i els recorreguts d'evacuació, el programa fa la resta.

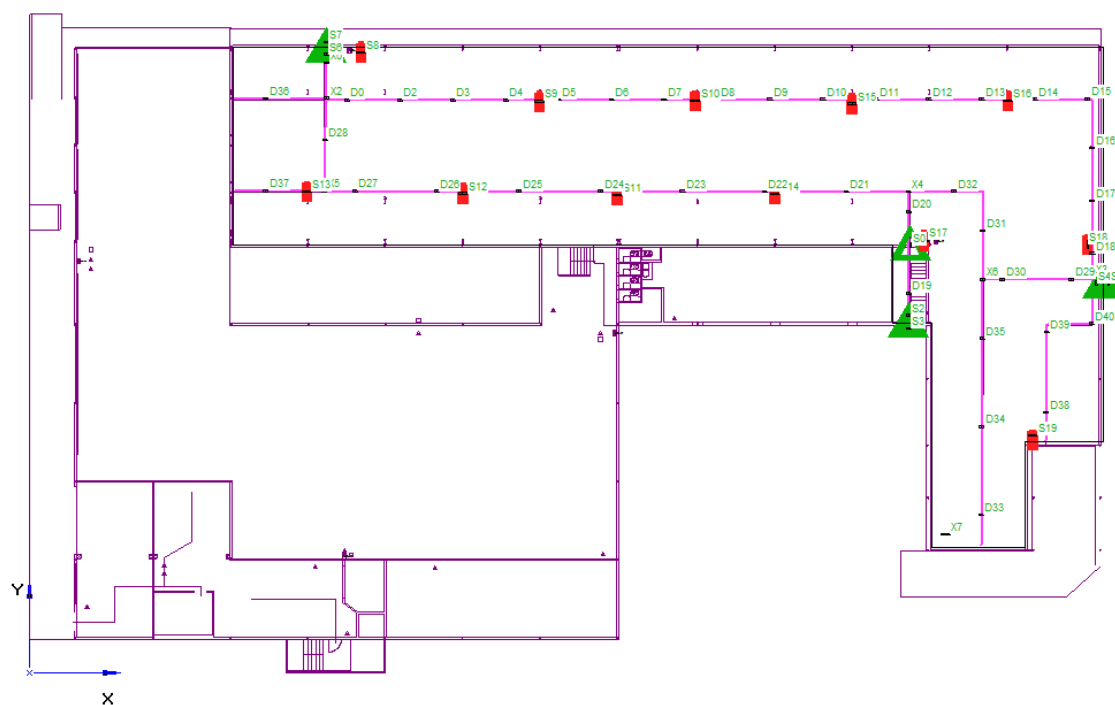


Figura 5.1 –Captura de pantalla de l'entrada de dades de l'aparcament amb el programa Emerlight 4.0.

Prenent com a exemple el pàrquing, a la figura 5.1 s'observa com queda la instal·lació d'il·luminació d'emergència i a la figura 5.2, els resultats luminotècnics d'aquesta.

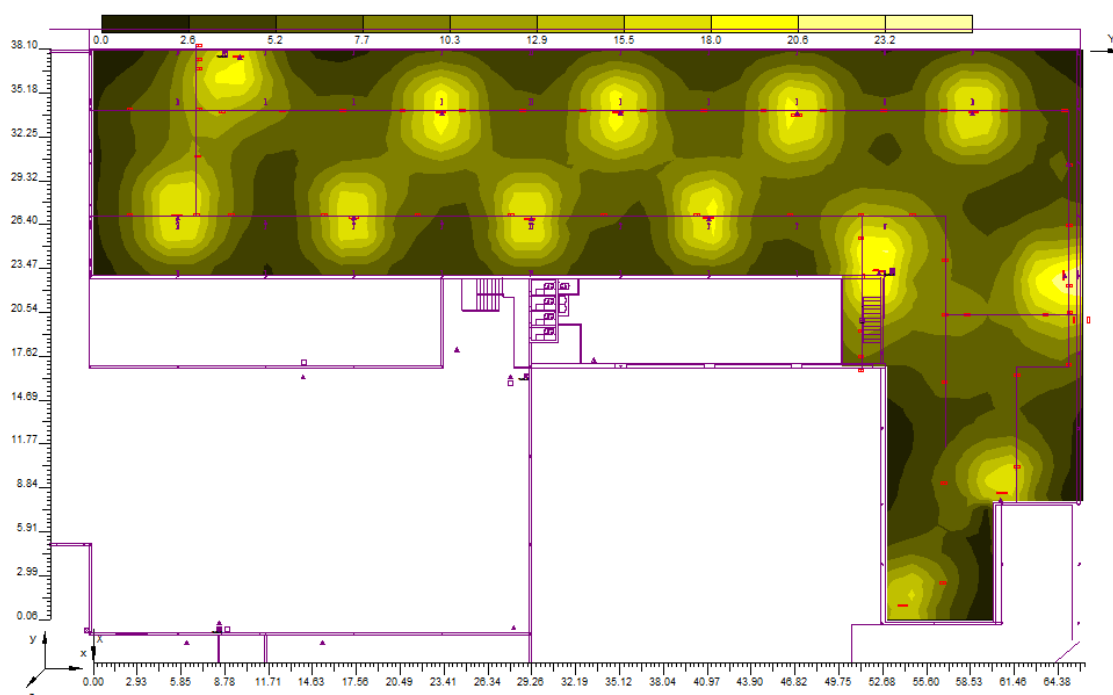


Figura 5.2 – Captura de pantalla dels resultats luminotècnics de la il·luminació d'emergència de l'aparcament amb el programa Emerlight 4.0.

Es comprova que en cap punt del recorregut d'evacuació el nivell d'il·luminació és inferior a 1 lux.

Aquest procediment només s'ha dut a terme per els sectors d'incendi corresponents al pàrquing, les oficines de la planta 1 i la oficina tècnica, que són els que requereixen circuit d'evacuació d'acord amb el que s'ha justificat anteriorment. Al resto de sectors d'incendi, caldrà instal·lar lluminàries a tots els punts de seguretat i a les portes intermitges i de sortida.

Finalment, la relació de lluminàries a instal·lar queda de la següent manera:

Taula 5.8 –Relació de lluminàries d'emergència.

Sector d'incendi	Lluminàries	P _{total} [W]
1 Taller	9	72
2 Menjador	3	24
3 Oficina tècnica	14	112
4 Laboratori	5	40
5 Vestidor	2	16
6 Aparcament	65	520
7 Oficines	74	592
TOTAL	172	1.376 W

CAPÍTOL 6: PLAQUES TERMOSOLARS

En aquesta secció es dimensionarà la instal·lació de plaques solars tèrmiques per a l'aigua calenta sanitària.

Segons el document bàsic HE del codi tècnic d'edificació, sobre l'estalvi energètic, concretament a la secció 4, sobre la contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària, la nau objecte d'aquest projecte ha de tenir instal·lades plaques termosolars per tractar-se d'un edifici de nova construcció. Tant mateix, el DB HE-4 del CTE serà el que determinarà les característiques del sistema a instal·lar.

6.1. Contribució solar mínima

Amb les dades extretes de la figura 3.1 del DB HE-4, amb la què es determina que Vallirana es troba a la zona climàtica II (rep una radiació solar global d'entre 13,7 i 15,1 MJ/m²) i les de la taula 3.1, amb la què s'estima un consum diari d'aigua calenta sanitària (ACS d'ara endavant) a 60 °C de 600 l diaris, es determina observant la taula 2.2 (ja que la font d'energia és elèctrica, mitjançant efecte joule) es determina que la contribució solar mínima és del 60%.

Taula 6.1 – Demanda diària d'ACS a 60 °C.

Criteri de demanda	L/d	Quantitat	Total [l/d]
Administratiu ⁹⁹	3 (per persona)	100	300
Fàbriques i tallers	15 (per persona)	20	300
Total			600 l/d

6.2. Dimensionat de la instal·lació

Determinada la fracció solar mínima a aportar pels col·lectors solars i mitjançant una eina de càlcul en format Excel, es determina que amb el panell seleccionat, el nombre de panells que garanteixen l'aportació solar mínima és de **5 plaques solars tèrmiques**:

MESOS	Demanda (kJ/mes)	H [kJ/m ² i dia]	Ht [kJ/dia-m ²]	Aportació solar (kJ/mes)	Fracció solar (kJ/mes)	Fracció solar (%)
GENER	4.282.278	7.300	14.990	3.110.068	2.601.161	60,74%
FEBRER	3.867.864	10.700	18.285	3.440.506	2.766.233	71,52%
MARÇ	4.282.278	14.900	20.516	4.282.481	3.352.723	78,29%
ABRIL	4.144.140	17.600	19.503	3.938.513	3.121.403	75,32%
MAIG	4.282.278	20.200	19.515	4.075.031	3.229.850	75,42%
JUNY	4.144.140	22.500	20.446	4.136.689	3.242.533	78,24%
JULIOL	4.282.278	23.800	22.147	4.637.031	3.561.537	83,17%
AGOST	4.282.278	20.500	21.450	4.489.386	3.477.260	81,20%
SETEMBRE	4.144.140	16.400	20.687	4.185.349	3.271.015	78,93%
OCTUBRE	4.282.278	12.300	19.700	4.113.416	3.252.862	75,96%
NOVEMBRE	4.144.140	8.800	17.679	3.563.491	2.886.539	69,65%
DESEMBRE	4.282.278	6.300	13.581	2.811.745	2.391.455	55,85%
TOTAL	50.420.370			46.783.704	37.154.570	73,69%

Figura 6.1 – Fulla de resultats del programa de càlcul de les plaques necessàries per cobrir el 60% de la demanda energètica per a ACS de la nau industrial.

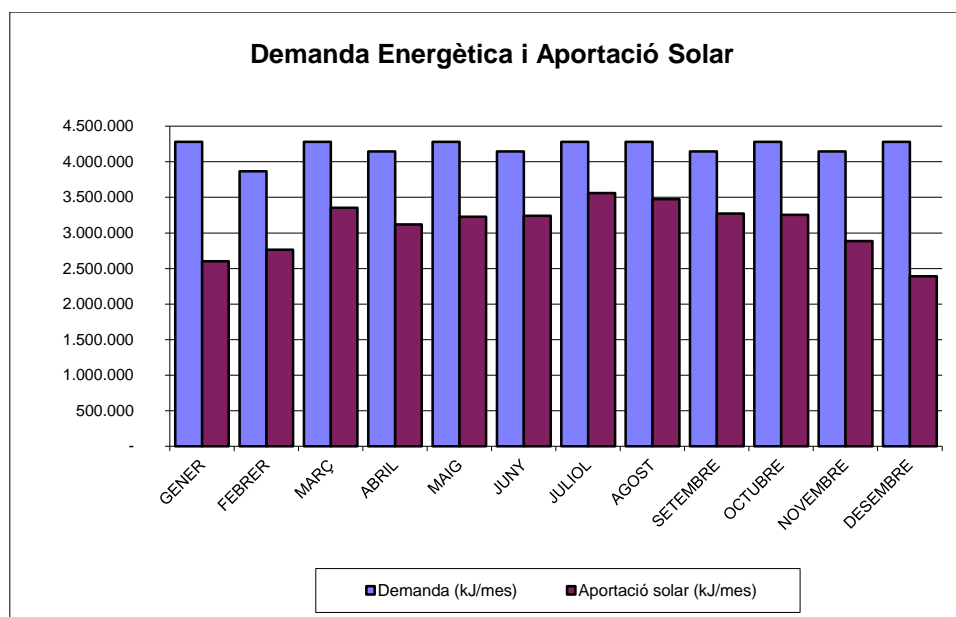


Figura 6.2 – Gràfic de la proporció demanda energètica coberta per l'aportació solar.

6.3. Descripció de la instal·lació

Al tractar-se d'una instal·lació individual, s'ha optat per escollir una tipologia d'instal·lació solar tèrmica que consta de les següents parts:

- Un circuit primari que constarà d'un camp de captadors, format per una bateria de col·lectors.
- No es preveu sistema de dissipació de calor ja que no es dona el fet de superar més de tres mesos el 100% de cobertura solar, ni el 115% en un sol mes.
- L'intercanvi amb l'aigua de consum es realitzarà en un acumulador amb serpentí interior.
- Aquest acumulador, subministrarà aigua pre-escalfada a la caldera.

A continuació es detalla l'esquema de principi de funcionament:

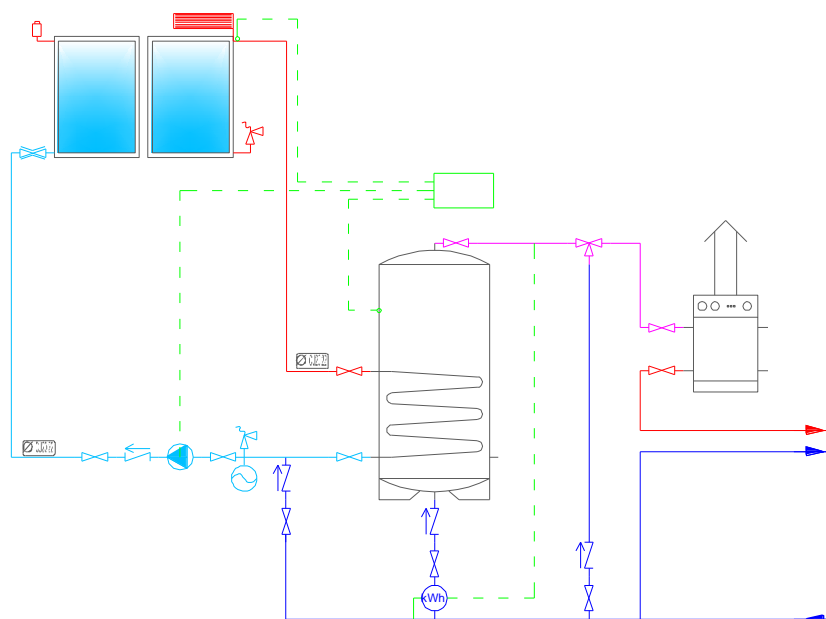


Figura 6.3 – Esquema de la instal·lació solar tèrmica.

6.3.1. Circuit Primari

El circuit primari està format per:

Plaques solars tèrmiques

Tal i com s'ha justificat anteriorment, s'instal·laran **5 panells** solars de 2,4 m² de superfície útil. El model escollit és T25 PSH de Termicol, la fulla de característiques del qual s'adjunta al annexos d'aquest projecte.

Circuit Hidràulic

Constituït per tubs de coure de 20 – 22 mm de diàmetre amb soldadura forta i amb un aïllament tèrmic de 40 mm d'espessor pel circuit en l'ambient exterior i 30 mm d'espessor pel circuit en l'interior de l'edifici. Aquest aïllament portarà una protecció externa que assegurarà la durabilitat davant les accions climatològiques, no deixarà zones visibles de canonades o accessoris, quedant únicament a l'exterior els elements que siguin necessaris pel bon funcionament i operació dels components.

Per evitar pèrdues tèrmiques, la longitud de les canonades serà tan curta com sigui possible i evitar al màxim les pèrdues de carga en general. Els trams horitzontals tindran sempre una pendent mínima de l'1% en el sentit de circulació.

La connexió dels captadors estarà equilibrada hidràulicament mitjançant reguladors de cabal.

El fluid portador de calor estarà constituït per aigua desmineralitzada amb un 25% de glicol.

Acumulador Solar

S'instal·larà un acumulador de **750 l** de capacitat. L'acumulador s'instal·larà a la part interior de la nau industrial, al costat de la caldera de suport.

L'acumulador haurà de suportar fins a 120 °C, estarà protegits contra la corrosió, tindrà el corresponent "ànode de sacrifici" de magnesi, complirà el RD 769/1999 i portaran una placa d'identificació situada en un lloc clarament visible.

El volum total dels acumuladors haurà de complir:

$$50 < \frac{V}{S} < 180$$

[6.1]

On S és la superfície útil total dels captadors, 12 m² i V el volum del l'acumulador.

$$50 < 62,5 < 180$$

Volum total acumulació solar: 750 l

6.3.2. Circuit de Consum

L'aigua de la xarxa passarà a través de l'acumulador solar per tal d'assolir el màxim de temperatura possible. Després passarà per la caldera elèctrica, que elevarà la temperatura de l'aigua fins a la temperatura de consigna en cas que sigui necessari.

La instal·lació disposarà d'un sistema de reducció de la temperatura de l'aigua de sortida de l'acumulador solar per tal d'evitar que excedeixi la temperatura de consum.

Caldera elèctrica

Quan la demanda energètica sigui superior a l'aportació solar, energia restant la proporcionarà una caldera elèctrica de 2 kW de potència elèctrica i una capacitat de 200 l.

Bomba

S'ha seleccionat una bomba de 1 kW amb alimentació trifàsica de 3 pols més neutre, amb un rendiment del 65% i un cabal de 0,133 l/s, ja que el cabal òptim de la placa seleccionada és de 40 L/h i m².

Vas d'Expansió.

Aquest element, necessari a la instal·lació solar tèrmica, farà la funció d'absorbir l'augment de volum que experimenta el fluid a l'escalfar-se i el retorna quan aquest es refreda, per evitar la disminució de volum.

Sistema de Control

El sistema de control estarà format per una centraleta de temperatura diferencial, amb una sonda de temperatura connectada al dipòsit acumulador i una altra sonda de temperatura connectada a la sortida de les plaques solars.

En cas de que la temperatura de les plaques sigui superior a la temperatura del dipòsit, activarà la bomba de circulació.

En el moment en què la temperatura de les plaques sigui inferior a la temperatura del dipòsit o bé el diferencial de temperatura no sigui suficient, la bomba deixarà de funcionar.

El sistema també portarà una protecció contra glaçades, que activarà el circuit en cas que la temperatura de les plaques baixi per sota del punt de congelació del líquid del circuit primari.

Comptabilització d'Energia

El sistema disposarà d'un sistema de comptabilització d'energia captada, format per un comptador d'energia.

Aquest comptador mesurarà la quantitat d'aigua que entra a l'acumulador solar, i mirarà la diferència de temperatura entre l'entrada i la sortida de l'acumulador.

D'aquesta manera, el comptador indicarà l'energia aprofitada pel sistema.

CAPÍTOL 7: CONCLUSIONS

Aquest projecte, fruit d'una llarga etapa de 5 anys de formació en l'àmbit de l'enginyeria tècnica industrial, és la prova dels coneixements adquirits, tant a les classes teòriques com a les pràctiques i sobretot, en els períodes de pràctiques en empresa en què he participat.

Considero que el nivell assolit en l'àmbit de l'enginyeria de disseny d'instal·lacions elèctriques és molt satisfactori, molt especialment pel què fa a baixa tensió. Aquesta experiència però, m'ha obligat a cercar i entendre documents tècnics força complexos i desconeguts fins el moment com són les normes tècniques particulars d'Endesa a Catalunya per a l'alimentació en alta tensió, que ha fet que també pugui comprovar que les competències genèriques, en aquest cas la de recursos de la informació, també han millorat en gran mesura.

Així, aquest projecte té una part de mera aplicació de coneixements, la del disseny de la instal·lació elèctrica en baixa tensió, però també té una gran part en la què he hagut d'anar aprenent a dissenyar les instal·lacions que no s'han treballat tant en aquest grau com són les instal·lacions de protecció contra incendis, il·luminació, plaques solars tèrmiques i l'elèctrica en alta tensió. He de dir que així com crec que el nivell en les instal·lacions de contra incendis i il·luminació ha acabat sent força elevat, m'he quedat amb ganes d'aprofundir més amb les plaques tèrmiques solars i sobretot, en l'alimentació en alta tensió.

Finalment doncs, puc dir que l'experiència de realitzar aquest projecte ha estat molt satisfactòria i enriquidora i que em sento molt ben preparat de cara al món laboral al què he decidit endinsar-me.

Bibliografia de consulta

A continuació, es cita tota la bibliografia que s'ha consultat per realitzar el present projecte:

Doblegat de plànols

<http://es.slideshare.net/arquitecturaonline/aprende-a-doblar-planos>

Instal·lació elèctrica

Estimació de la potència de la climatització d'una sala en funció de la seva superfície:

http://www.leroymerlin.es/productos/climatizacion/aire_acondicionado_fijo/como-elegir-aire-acondicionado.html#La-potencia-y-el-consumo

Consum d'un PC

<http://jl-alvarez.blogspot.com.es/2009/09/consumo-de-un-pc.html>

Intensitats nominals i de poder de tall normalitzades dels interruptors magnetotèrmics

<http://roble.pntic.mec.es/adog0009/5.html>

Explicació i efectes dels harmònics

<http://circuitor.es/es/formacion/armonicos-electricos>

Instal·lació de protecció contra incendis

Poder calorífic d'alguns materials i substàncies

Institut d'estudis de la seguretat. "Búsqueda y validación de parámetros de la carga de fuego en establecimientos Industriales".

Temperatura d'ignició de la fusta

https://es.wikipedia.org/wiki/Punto_de_ignici%C3%B3n

Incendis de classe D

<http://revistadigital.inesem.es/energia-medioambiente-prl/clases-de-fuego-clase-d/>

Sistemes de detecció d'incendis

<http://www.solerprevencion.com/noticias/sistemas-de-proteccion-contraincendios/deteccion-automatica-incendios/>

Instal·lació d'il·luminació

Phillips. "Código Técnico de la Edificación y otras normas relacionadas con el alumbrado".

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad nacional de Córdoba. "Luminotécnica, conceptos básicos".

Definició de rendiment del color

https://es.wikipedia.org/wiki/Rendimiento_de_color

Definició d'índex d'enlluernament unificat (UGR)

https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAAahUKEwiZt4Cy2YDHAhUK1XIKHeupAxo&url=http%3A%2F%2Falojamiento.ulpgc.es%2Fcongresos%2Fjornadas_cte%2Fpaginas%2Fdocencia%2Fjornada1%2Fdocumentos%2Fsesion05%2FHE3-eficiencia.instal.iluminacion.ppt&ei=9Pa4VZntLYqqywPr047QAQ&usg=AFQjCNEuqG35qKRGyAgr0BStbGJQyPfulA&sig2=va8E_kxiPdx6cLnafT-BkA&cad=rja

Agraïments

En especial agraïment a Rodolfo Oseira, que ha estat molt bon director de treball de final de carrera, sabent valorar i elogiar quan ha calgut, la feina ben feta, ha fet molt bones aportacions quan hi ha hagut coses incorrectes i ha buscat ajuda quan els temes tractats no eren de seu àmbit de coneixement.

També agrair al Francesc Xavier Hill, enginyer tècnic industrial especialitzat en electricitat i llicenciat en aquesta mateixa escola, amb qui vaig realitzar unes pràctiques de cooperació amb empresa i que m'ha donat moltes de facilitats quan he tingut dubtes que no he sabut resoldre per mi mateix.